



Wasserkraft: Zwischen **roten** Zahlen und **grünen** Ansprüchen

Bericht zum Seminar Wasserwirtschaft 2015 an der Uni Bern. Verfasst von den teilnehmenden Studierenden mit Stimmen aus Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung.

Europa dirigiert — die Schweiz tanzt

Obwohl die Schweiz gerne als Wasserschloss oder Batterie Europas bezeichnet wird, ist sie ein kleiner Player. Denn wenn im Ausland die Preise für Elektrizität fallen, hat die Schweiz nicht viel zu melden. Aber auch andere Marktmechanismen diktieren die Strompreise hierzulande. Etwa die europäische Merit-Order, welche besagt, dass die Kraftwerke mit den tiefsten Gestehungskosten als erstes ans Netz angeschlossen werden. Zusätzlich stellen Batterien vermehrt eine Konkurrenz zu den Schweizer Speicherseen dar. Denn die Batterien werden immer effizienter, haben niedrigere Investitionshürden und sind nicht mit einem Eingriff in die Landschaft verbunden. All dies macht der Schweizer Wasserwirtschaft zu schaffen. — Seite 22

Steht die Energiestrategie 2050 auf der Kippe?

Der Atomreaktorunfall 2011 in Fukushima bedeutete in der Schweiz eine Kehrtwende in der Energiepolitik. Der Bund beschloss damals: Bis 2050 soll die Schweiz aus der Atomenergie aussteigen. Die dadurch entstehende Stromlücke zu schliessen sei aber gar nicht so einfach, sagt Michel Piot vom Verein swisselectrics. Vor allem die sichere Stromversorgung während den Wintermonaten dürfte gemäss Piot schwierig werden. Er glaubt nicht, dass die erneuerbaren Energien in der Lage sein werden, das Winterdefizit auszugleichen. Die Solaranlagen in der Schweiz etwa werden 2050 maximal rund sieben Prozent zum Strommix beitragen. — Seite 24

Im Spannungsfeld zwischen Wirtschaft, Ökologie und Gesellschaft

Steigende Umweltansprüche und sinkende Gewinne: Die Betreiber von Wasserkraftwerken sind mit einer Reihe komplexer Herausforderungen konfrontiert. So ein Fazit des Seminars. — Seite 28

Geschichte der Schweizer Wasserkraft
— Seite 2

Morgenstund' hat Kaffee im Mund
— Seite 9

Eine spannungsgeladene Sache
— Seite 11

Ein Hauch Kraftwerksnostalgie
— Seite 13

Magere Jahre in der Stromwirtschaft
— Seite 17

Bricht das Rückgrat der Stromwirtschaft?
— Seite 20

Die Geschichte der Schweiz

Die Wasserkraft in der Schweiz trägt heute 60 Prozent zur heimischen Energieerzeugung bei. Der Anteil an erneuerbaren Energien liegt sogar bei 97 Prozent. Grund genug, der Entstehung



Die erste Talsperre wurde um 1920 zur Wasserkraftnutzung im freiburgischen Montsalvens gebaut. Bild: Chrisaliv/Wikimedia

Von Livia Geisseler, Sybille Vogel

Bereits früh wurde erkannt, dass die Schweiz dank ihrer Topographie und der relativ grossen Mengen an Niederschlag bestens für die Wasserkraftnutzung geeignet ist. So liegen die Anfänge der Wasserkraft in der Schweiz mehrere tausend Jahre zurück. Schon vor unserer Zeitrechnung wurde die Kraft des Wassers im Alpenraum genutzt, um Sägen, Schmieden und Mühlen anzutreiben. Um zu verstehen, wie die Wasserkraft zu dem kam, was sie heute ist, wird ihre Geschichte im vorliegenden Bericht erläutert. Es wird sich zeigen, dass die Wasserkraftnutzung in der Schweiz von mehreren bedeutenden Ereignissen geprägt ist. Wie das Potenzial der Wasserkraft heute die Energiepolitik in der Schweiz prägt, wird im

Hinblick auf die Energiestrategie 2050 verdeutlicht.

Die Anfänge der Schweizer Wasserkraft

Bereits zu Zeiten des Römischen Reiches vor rund 2000 Jahren wurde das Wasser als Energiequelle, insbesondere zum Antrieb von Getreidemühlen, genutzt. Die Wasserräder, die benutzt wurden, erlebten im 11. und 12. Jahrhundert schliesslich einen Aufschwung (Schnitter, 1992: 33ff). So haben um 1000 n.Chr. bereits verschiedenste Gewerbebezüge die Wasserkraft entdeckt. Dazu gehören nebst der Textil-, Holz- und Metallindustrie auch Steinmetze und sogar Brauereien (Schnitter, 1992: 47ff).

Trotz der grossen Nachfrage änderte sich die grundlegende Technik über längere Zeit nur wenig. Erst im Jahr 1767 entwickelte der englische Bauingenieur John Smeaton das erste Was-

serrad aus Gusseisen. Dank der starken Belastbarkeit konnte die Leistung erhöht und dadurch die Produktivität massiv gesteigert werden. Die grosse Bedeutung der Wasserräder als „Motoren der Industrie“ blieb in der Schweiz mangels fossiler Energieträger bis ins 19. Jahrhundert bestehen. Noch um das Jahr 1875 kam ein Wasserrad auf 350 Einwohner (Pfammatter und Piot, 2014: 1).

Turbinen

Mit der Industriellen Revolution und dem Bau etlicher grösserer Fabriken wuchs auch die Nachfrage nach Wasserkraft. So entwickelte 1849 der amerikanische Ingenieur James B. Francis die nach ihm benannte Francis-Turbine. Nebst der gesteigerten Effizienz konnte sie viel grössere Wassermengen und höhere Gefälle als ein Wasserrad ausnutzen. Noch heute ist

izer Wasserkraft

Stromproduktion bei. Der Anteil der Wasserkraft an den erneuerbaren dieser bedeutenden Energiequelle nachzugehen.

die Francis-Turbine der am meisten verbreitete Turbinentyp bei Wasserkraftwerken. 1880 wurde die Pelton-Turbine entwickelt, welche vom Aussehen her am ehesten an das klassische Wasserrad erinnert und vor allem bei Speicherkraftwerken eingesetzt wird. Mit der Kaplan-Turbine, welche 30 Jahre später entwickelt wurde, war es möglich, noch grössere Wassermengen mit einer niedrigen Wasserfallhöhe in Strom umzuwandeln. Sie findet heute vor allem bei Flusskraftwerken Verwendung (WWS, 2015). Durch das Aufkommen der kompakteren und leistungsstärkeren Turbinen wurden die Wasserräder nach und nach verdrängt. Dies wiederum beflügelte den Aufbau der Industrie in der Schweiz (Pfammatter und Piot, 2014: 1).

Aufschwung: 1880 -1945

Zu Beginn der 1880er-Jahre begann in der Schweiz die Elektrifizierung. Im Bündnerland entstanden vereinzelte Mini-Wasserkraftwerke, welche die Tourismusgemeinden mit elektrischer Beleuchtung versorgten. Der Hotelier Johannes Badrutt konnte um 1879 den Speisesaal seines Hotels in St. Moritz mit den ersten hydroelektrisch betriebenen Bogenlampen beleuchten (Pfammatter und Piot, 2014: 1). Dieser Meilenstein wird als Stunde Null der Elektrizitätserzeugung durch Wasserkraft in der Schweiz definiert. Weil der Ferntransport der Elektrizität zu diesem Zeitpunkt noch nicht möglich war, gestaltete sich diese Art der Elektrizitätsgewinnung als ziemlich kostspielig. Der Ferntransport stellte dann aber einen Durchbruch für die Wasserwirtschaft dar und somit war der Grundstein für den Ausbau der Wasserkraft in der Schweiz im grossen Stil gelegt (ESO, 2010).

Die ersten Kraftwerke in der Schweiz

Als Überblick sind in der Grafik auf Seite 4 die Epochen, der Stromverbrauch und einige ausgewählte Meilensteine der Stromproduktion in der Schweiz seit 1900 abgebildet. Dabei wird einerseits das Auftreten der ersten Kraftwerkstypen

Über diese Ausgabe

Eines war das Seminar

„Wasserwirtschaft“ im Herbstsemester 2015 mit Sicherheit nicht: trocken. Denn was auch immer diskutiert wurde — es ging um das blaue Nass.

Die Geographie befinde sich in einer Sinnkrise, sagen manche Leute. Die Disziplin wisse nicht, was ihr eigenes Forschungsgebiet sei. Vielleicht ist genau das die Stärke der Geographie. Das verdeutlichte zumindest das Seminar „Wasserwirtschaft“ 2015. Man erfreute sich also, über die eigenen Disziplinargrenzen (Wobei das mit den Grenzen ja so eine Sache ist — sowohl im geopolitischen als auch im disziplinischen Sinne) hinweg ein Seminar abzuhalten. Da tat man einen historischen Abriss, sprach über die ersten Wasserräder der Römer, schlug die Brücke zur Ölkrise in den Siebziger und versank schliesslich in der aktuellen Diskussion um den Ausstieg aus der Atomenergie. Ein heisses Eisen, letzteres, natürlich. Und so kam man nicht umhin, die Politik in den Vorlesungssaal zu lassen und hie und da gehässig über die Zukunft der Menschheit zu debattieren. Atomlobbyisten gegen Naturschützer, um etwas zu übertreiben. Es folgten Gastvorträge. Etwa aus Unternehmer-Sicht oder aus ökologischer Sicht. Ein Besuch im traditionsreichen Berner Matte-Wasserkraftwerk stand genauso auf

dem Programm wie die physikalischen Grundlagen der Wasserkraft. Dabei waren wir Studierenden nicht passiv schlafende Zuhörer, um dann kurz vor der Prüfung aufzuwachen. Wir haben die Veranstaltungen selbst mitgestaltet. Vorträge gehalten, Diskussionen geleitet. Zum Beispiel. Und die Essenz jeder Veranstaltung hat eine Gruppe schliesslich zu Papier gebracht. Diese drucken wir hier auf exakt 36 Seiten ab.(msc)

IMPRESSUM

Herausgeber:
Weingartner, Rolf
Universität Bern
Geographisches Institut
Hallerstrasse 12
3012 Bern

Autoren

Aeschlimann, M., Brockhaus, D., Bruchez, L., Cadotsch, L. C., Elger, N., Galatioto, N., Geisseler, L., Girod, S. M., Häderli, S., Hofer, P., Ineichen, M., Iseli, M., Jedelhauser, A. K., Kaltenrieder, R., Knechtle, M., Kopp, T., Müller, M. T., Peier, G., Peier, R., Pfister, L. M., Reinmann, T., Reusser, S. E., Schuler, M., Shahinian, A., Studer, T., Vogel, S., Vomsattel, R. S., von Stokar Siententz, L., Wechsler, T., Würsch, I., Wyss, M., Zaugg, T., Zünd, K.

Redaktion

Eichenberger, J., Loretz, C., Scheurer, M., Willi, S.

Zitiervorschlag

Siehe Rückseite

pen dargestellt und andererseits der Anteil der Wasserkraft an der Gesamtstromproduktion gezeigt. Die Abbildung (Seite 4) verdeutlicht, wie stark die Schweiz bis heute von der Wasserkraft geprägt ist.

Als erstes Kraftwerk in der Schweiz, mit einer Leistung von 725 Kilowatt, wurde 1886 das Laufwasserkraftwerk Thorenberg bei Littau in Luzern in Betrieb genommen (EWL, 2015). Bei ei-

nem Laufwasserkraftwerk wird die Energie des fliessenden Wassers in elektrischen Strom umgewandelt (EWB, o.J. a). 1943 wurde das damals grösste Laufwasserkraftwerk Barrage de Verbois mit einer installierten Leistung von 13 Megawatt in Betrieb genommen (Sauvin, 1997).

Das erste Speicherkraftwerk wurde 1904 in Ruppoldingen gebaut. Speicherkraftwerke stauen das Wasser in riesi-

gen Speicherbecken und wandeln die gespeicherte Energie bei Bedarf in Strom um. Das Kraftwerk Engeweiher in Schaffhausen mit einer Turbinenleistung von 5 Megawatt wurde 1908 fertiggestellt und war das erste Pumpspeicherkraftwerk in der Schweiz. Pumpspeicherkraftwerke befinden sich zwischen zwei Staubecken. Je nach Strombedarf wird das Wasser in Strom umgewandelt oder bei einem Stromüberschuss in das höher gelegene Becken zurückgepumpt. Dadurch können Tages- oder Saisonschwankungen gut ausgeglichen werden (EWB, 2015b).

Der Aufschwung der Wasserkraft in der Schweiz ist eng mit der Entwicklung und dem Transport der Elektrizität verbunden. Mit dem neu etablierten Wechselstromprinzip war es im Gegensatz zum Gleichstrom fortan möglich, Strom über grössere Distanzen zu transportieren. Dies ermöglichte ganz neue Anwendungen und war der Startschuss für die hydroelektrische Produktion. So entstanden ab etwa 1910 entlang der grossen Mittellandflüsse die ersten bedeutenden Wasserkraftanlagen (ESO, 2010).

Um die Stromproduktion der Nachfrage anzupassen, wurden kurze Zeit später um 1920 die ersten Speicherbecken zum Ausgleich zwischen abflussreichen Sommern und abflussarmen Wintern notwendig. Dadurch wurden im Alpenraum, wo die Wasserkraft über grosses Potenzial verfügt, zahlreiche Speicherbecken und Talsperren errichtet. Der Bau der Bogenstaumauer Montsalvens im Kanton Freiburg um 1920 bildete als erstes Projekt in dieser Art in Europa einen Meilenstein. Spätestens mit dieser Pionierleistung war das Potenzial der Wasserkraft erkannt (Pfammatter und Piot, 2014: 1).

Im Zweiten Weltkrieg spürte die Schweiz ihre Abhängigkeit vom ausländischen Strom. Der damals wichtigste Energieträger war Kohle, die aus Deutschland importiert wurde. Aufgrund des Weltkrieges war diese nur noch schwer zu erhalten. Der Mangel an Energie führte im Jahr 1941 zur Entwicklung eines Zehnjahresprogrammes für den schweizerischen Wasserkraftwerksbau. Zu dieser Zeit wurde neben der Deckung der Inlandnachfrage auch der Gedanke des Exports von überschüssigem Strom ins benachbarte Ausland verfolgt. Dies sollte der Schweiz neue Einkommensmöglichkeiten verschaffen. Um diesen Gedanken umzusetzen, musste die Stromerzeugung effizienter und rationeller werden (ESO, 2010).

Blütezeit: 1945 bis 1970

Die Blütezeit der Wasserkraftnutzung in der Schweiz begann nach dem Zweiten Weltkrieg. Sie war begünstigt durch einen stark wachsenden Strombedarf und gute ökonomische Verhältnisse (Pfammatter und Piot, 2014: 1). Um diesen Bedarf zu decken, wurde mit dem Bau von riesigen Speicherkraftwerken in den Alpen begonnen (ESO, 2010). So verschob sich das Verhältnis von Kleinwasserkraftwerken (< 10 Megawatt Leistung) zugunsten von grösseren Anlagen (> 10 Megawatt Leistung). In dieser Zeit wurden jährlich 0.5 Milliarden Franken in den Ausbau der Wasserkraftanlagen gesteckt (Pfammatter und Piot, 2014: 2).

Der Bau von grossen Speicherkraftwerken beinhaltete künstlich angelegte Stauseen und grosse Talsperren. Ein frühes Beispiel dafür ist das künstliche Staubecken des Sihlsees. Für die Alpenkantone war die Wasserkraftnutzung nach dem Zweiten Weltkrieg eine wich-

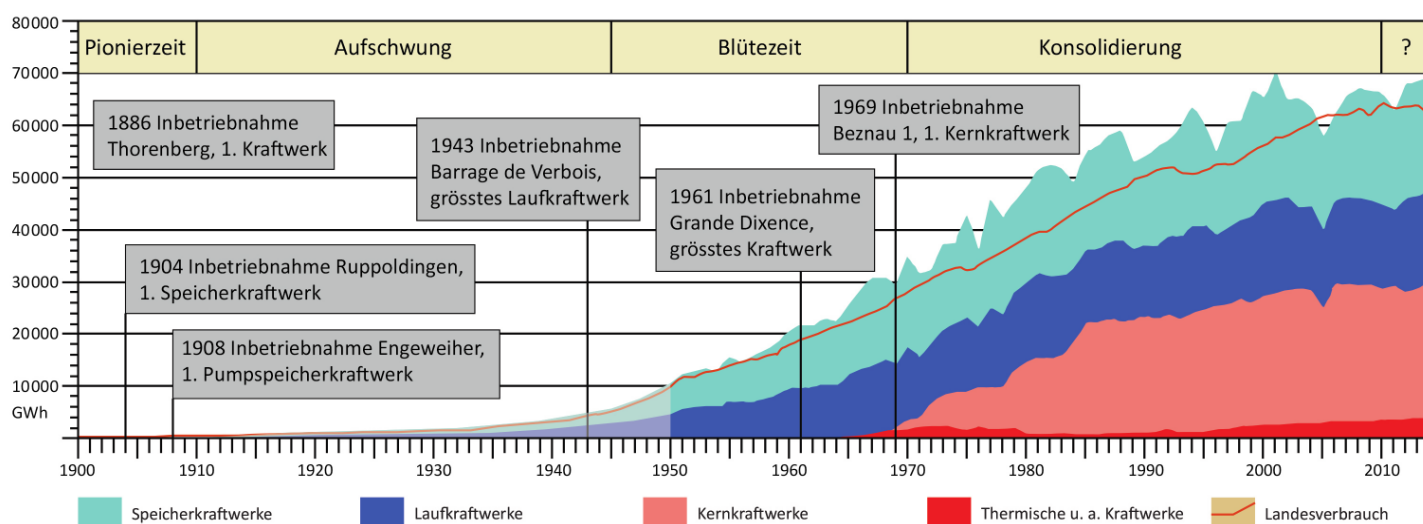
tige Einnahmequelle. Sie konnten durch Konzessionsgebühren, Wasserzinsen und Steuereinnahmen aus dem Gewinn der Kraftwerksbetriebe stark profitieren, was zum raschen Bau von vielen Speicherkraftwerken in den 1950er und 1960er-Jahren (ESO, 2010) führte. Als herausragendes Beispiel dieser Zeit ist die Speicherkraftanlage Grande Dixence zu nennen, welche im Jahr 1957 eingeweiht wurde und heute mit ihren 285 Metern Höhe die grösste Gewichtsstaumauer der Welt darstellt (Grande Dixence, o.J. b).

In den Jahren 1966 und 1967 erreichte die jährliche Stromproduktion aus Wasserkraft knapp 30'000 Gigawattstunden, was einem Anteil von 97.3 Prozent der gesamten Stromproduktion der Schweiz entsprach. Im Vergleich zu den Jahren 1950 und 1951 hatte der Anteil der Wasserkraft am Gesamtstromanteil um über 230 Prozent zugenommen. Dieser Anstieg wurde mitunter durch das Aufkommen von Pumpspeicherkraftwerken ermöglicht. Im Jahr 1962 folgte der Ausbau der Stollensysteme (ESO, 2010). Ein Dämpfer in dieser Euphorie war das Abbrechen der Zunge des Allalin-Gletschers im Jahr 1965. 88 Bauarbeiter des Mattmark-Staudammes wurden verschüttet (Raaflaub, 2005).

Die grossen Investitionen in den Wasserkraftwerksbau belasteten den Kapitalmarkt zu Beginn der 1960er-Jahre und die Kraftwerksfinanzierung wurde erstmals öffentlich diskutiert. Auch wurden die Grenzen des Kraftwerksbaus zum ersten Mal wahrgenommen (ESO, 2010).

Konsolidierung: 1970 bis heute

Ab den 1970-Jahren fand die Blütezeit und die damit verbundene rege Bautätigkeit in der Wasserkraftbranche ein



Überblick über die verschiedenen Epochen der Wasserkraftnutzung und einige Meilensteine. Grafik: Raphael Vomsattel

Ende. Gründe dafür waren zum Einen, dass die günstigen und leicht zugänglichen Standorte bereits erschlossen waren und kaum noch neue, geeignete Standorte für Wasserkraftbauten existierten. Zum anderen trat die Kernkraft als konkurrierende Energiequelle in den Markt. Des Weiteren kamen zunehmend ökologische Bedenken in der Bevölkerung auf (Pfammatter und Piot, 2014: 2).

Die untenstehende Abbildung illustriert, wie sich der Anteil der Wasserkraft an der Gesamtstromproduktion in der Schweiz von 1950 bis heute verändert hat. Es ist insbesondere ersichtlich, dass der Anteil der Wasserkraft zwischen 1950 und 1966 stark zugenommen und zwischen 1966 und heute abgenommen hat. Dabei existierten in der Schweiz im Jahr 1973 bereits 163 Wasserkraftanlagen mit einer Leistung von mehr als 10 Megawatt und 1'900 Anlagen unter 300 Kilowatt (Pfammatter und Piot, 2014: 2). Auf die oben genannten Gründe für die Abnahme der Wasserkraft am Gesamtstromanteil wird in den folgenden Unterkapiteln genauer eingegangen.

Die grosse Konkurrenz Kernkraft

Ab Ende der 1960er-Jahre trat die Kernkraft als neue Konkurrenz zur Wasserkraft in den Markt. 1969 wurde das Kernkraftwerk Beznau I und 1971 das Kernkraftwerk Beznau II in Betrieb genommen. Es folgten Mühleberg (1972), Gösgen (1979) und Leibstadt (1984) (Kernenergie, o.J.). Durch die Inbetriebnahme der Kernkraftwerke sank der Anteil der Wasserkraft an der gesamtschweizerischen Stromproduktion bis 1985 auf rund 60 Prozent. Die Kernkraftwerke tragen heute im Sommer rund 39 Prozent und im Winter bis zu 45 Prozent zur Schweizer Stromproduktion bei (BFE, o.J. b). Aufgrund dieser prozentualen Abnahme der Wasserkraft am Gesamtstromanteil wird diese Zeit auch als „Konsolidierung der Wasserkraft als Rückgrat der Stromversorgung“ beschrieben (Pfammatter und Piot, 2014: 2).

Trotz dieser Abnahme des Anteils der Wasserkraft an der Schweizer Energieproduktion ist die Wasserkraft bis heute die bedeutendste Energiequelle der Schweiz. Seit Mitte der 1980er-Jahre erhielt die hydroelektrische Stromproduktion durch die Revision einiger renovierungsbedürftiger Kraftwerke und vor allem mit der Inbetriebnahme der Anlage Cleuson-Dixence Ende der 1990er-Jahre nochmals etwas Zuwachs (Grande Dixence, o.J. b). Gleichzeitig wurden

Stauanlagen für die Trinkwasserversorgung und den Geschieberückhalt bei Hochwasserereignissen erbaut (Pfammatter und Piot, 2014: 2).

Gesetzliche Änderungen

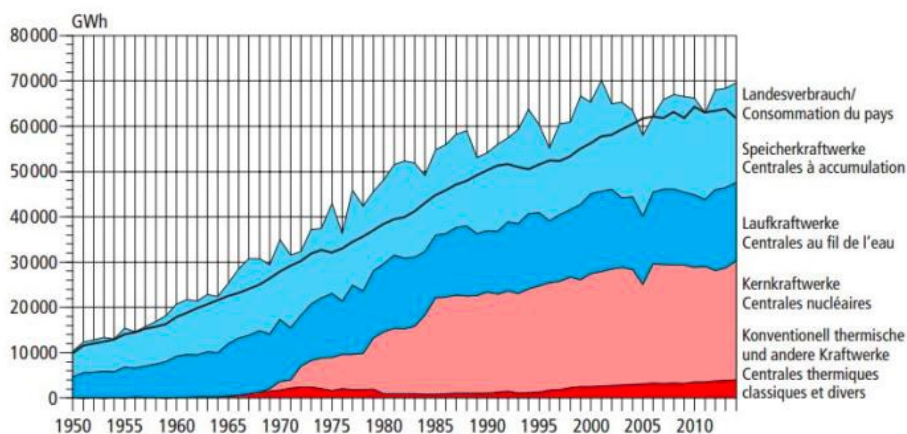
Der Fokus der Gewässer im Kontext des Umweltdiskurses und der Umweltpolitik kam in den 1950er-Jahren auf. Im Jahr 1953 wurde der Gewässerschutz als Bundesaufgabe erklärt. Zwei Jahre später trat das eidgenössische Gewässerschutzgesetz in Kraft. Es wurde 1971 aufgrund mangelnder Effektivität nochmals revidiert. In der folgenden Zeit wurde die Einstellung der Bevölkerung gegenüber neuen Wasserkraftprojekten insgesamt kritischer. Aus diesem Grund wurde im 1984 eine Initiative zum Schutz der Gewässer eingereicht, welche eine Revision des Gewässerschutzgesetzes anstrebte und schliesslich 1992 vom Volk angenommen wurde. Im revidierten Gewässerschutzgesetz stand insbesondere der Schutz vor Verbauung und Übernutzung von Gewässern im Zentrum. Zudem definierte das Gesetz erstmals eine minimale Restwassermenge, was zu einem verminderten Wasserangebot zur Stromproduktion und zu Einbussen für die Wasserkraftnutzung führte. Insbesondere Kleinwasserkraftwerke waren von dieser Änderung stark betroffen, wobei einige ihre Produktion einstellen mussten (ESO, 2015).

Parallel zu diesen gesetzlichen Änderungen kam zunehmend ein Umweltbewusstsein zum Schutz der Landschaft und insbesondere des Landschaftsbildes in der Bevölkerung auf. Die grossen Kraftwerke brachten den strukturell benachteiligten Alpenkantonen zwar finanzielle Einnahmen durch Wasserzinsen und Steuereinnahmen. Im Gegenzug mussten sie aber die Umwandlung ganzer Tallandschaften in Kauf nehmen. Dieser offensichtliche Eingriff in die Na-

tur insbesondere bei vielen oberirdischen Projekten stiess auf Widerstand seitens der Naturschützer (Pfammatter und Piot, 2014: 2). Das revidierte Gewässerschutzgesetz trug mit dem Schutz vor Verbauung und Übernutzung diesen Ansprüchen Rechnung. Dadurch wurde der Ausbau der Wasserkraftinfrastruktur zusätzlich erschwert (ESO, 2010). Mit dem Beschluss des Atomausstieges im Rahmen der Energiestrategie 2050 und der damit verbundenen Förderung von erneuerbaren Energien wurde 2009 die Kostendeckende Einspeisevergütung KEV eingeführt. Sie ist ein Instrument des Bundes zur Förderung dieser Energien und garantiert den Kraftwerksbetreibern einen Preis, der ihren Produktionskosten entspricht, indem sie die Differenz zwischen den Produktionskosten und dem Marktpreis deckt (BFE, o.J. c).

Wasserkraftnutzung heute

Trotz den oben beschriebenen Herausforderungen und Schwierigkeiten für die Wasserkraft hat die Schweiz heute immer noch einen beachtlichen Wasserkraftpark vorzuweisen. Im Juni 2015 verfügte die Schweiz über 1'332 Kraftwerke, wobei mehr als die Hälfte davon Kleinstwasserkraftwerke mit einer Leistung von weniger als 300 Kilowatt waren. Bei einer installierten Leistung von insgesamt 14'504 Megawatt beträgt die mittlere jährliche Produktionserwartung 36'399 Gigawattstunden, was rund 56 Prozent der Schweizer Stromproduktion entspricht (SWV, o.J. b, BFE, 2008). Der Anteil von Laufwasserkraftwerken und Speicherkraftwerken liegt jeweils bei 48 Prozent. Die übrigen 4 Prozent bestehen aus Pumpspeicherkraftwerken. Mit rund 63 Prozent des Stroms leisten die Bergkantone Uri, Graubünden, Tessin und Wallis den grössten Beitrag zur Schweizerischen Stromproduktion (BFE, 2008).



Strombedarf in der Schweiz. Grafik: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Die Grafik „Strombedarf der Schweiz“ (Seite 5) illustriert den Strombedarf und den Anteil der verschiedenen Stromlieferanten von 1950 bis 2010. Die Abbildung zeigt, dass der Strombedarf von 1950 bis 2010 stetig zugenommen hat. Des Weiteren ist ersichtlich, dass die Wasserkraft auch heute noch den grössten Anteil des Gesamtstroms ausmacht.

Bei der weiteren Analyse des Stromanteils der verschiedenen Kraftwerke wird deutlich, dass 90 Prozent des produzierten Stroms durch Wasserkraft von 10 Prozent der Anlagen stammen. Diese Anlagen weisen eine Leistung von mehr als 10 Megawatt auf. (Pfammatter und Piot, 2014: 2).

Vorteil der Wasserkraft

Die Stromproduktion durch Wasserkraft zählt mehrere Vorteile gegenüber anderen Produktionsarten. Dies ist zum einen die Möglichkeit der Energiespeicherung. Des Weiteren hat die Wasserkraftnutzung einen hohen Wirkungsgrad. Sie hat die beste Gesamtköbilanz und ist eine erneuerbare Energiequelle. Ein weiterer nicht zu unterschätzender Faktor ist der Beitrag zum Hochwasserschutz. Zudem hat sie den geringsten Ausstoss an Treibhausgasen (BFE, 2008).

Der Vergleich mit Europa

Im europäischen Vergleich gehört die Schweiz zu den Spitzenreitern in der Wasserkraftnutzung. Mit einem Stromanteil von 56 Prozent aus Wasserkraft liegt die Schweiz auf Rang 4 hinter Norwegen, Österreich und Island. Der europäische Durchschnittsanteil der Wasserkraftnutzung beträgt nur gerade 12 Prozent (BFE, 2008).

Heute gehen insgesamt noch 0.1 Pro-

zent des Bruttoinlandproduktes an die Wasserkraft in der Schweiz. Der absolute Werte ist jedoch mit 0.5 Milliarden seit langem konstant. Investitionen werden heute vorwiegend in den Erhalt, den Ausbau und die Erneuerung der Infrastruktur getätigt. Ziel dabei ist die Steigerung des Wirkungsgrades (Pfammatter und Piot, 2014: 2).

Der Wasserkraft sind insgesamt 5000 Vollzeitstellen zuzuschreiben. Zudem fließen dank Wasserzinsen und Steuern jährlich knapp eine Milliarde Franken in die Staatskasse (Pfammatter und Piot, 2014: 2).

Herausforderungen der Wasserkraft

Im Jahr 2011 haben Bundesrat und Parlament den Entscheid für einen stufenweisen Ausstieg aus der Kernenergie gefällt. Die bestehenden fünf Kernkraftwerke sollen stillgelegt werden, sobald die benötigte Sicherheit nicht mehr gewährleistet ist. Dabei soll das Defizit von 40 Prozent der Schweizer Produktion von Kernkraftwerken durch zusätzliche erneuerbare Energien ersetzt werden. Um dieses Ziel zu erreichen, hat der Bundesrat die Energiestrategie 2050 erarbeitet, in welcher ein sukzessiver Umbau des Schweizer Energiesystems bis ins Jahr 2050 vorgesehen ist. Damit macht der Bundesrat deutlich, mit welchen Massnahmen eine langfristige Sicherstellung der Energieversorgung erreicht werden soll. Nebst den neuen erneuerbaren Energien liefert auch die Wasserkraft einen Beitrag dazu (BFE, o.J. a).

Die einheimische Wasserkraft ist jedoch mit grossen Herausforderungen konfrontiert. Denn in den Diskussionen um eine neue Energiestrategie der Schweiz zeigt sich weiterhin eine grosse Diskrepanz zwischen der geforderten

Stärkung der Wasserkraft und der tatsächlichen Bereitschaft, die erforderlichen Anpassungen vorzunehmen. Die die Stromproduktion mit Wasser soll bis 2050 von heute 36 Terawattstunden pro Jahr auf mindestens 37.5 Terawattstunden pro Jahr erhöht werden (Pfammatter und Piot, 2014: 2). Das ist wenig, wenn man bedenkt, dass 2050 über 25 Terawattstunden pro Jahr durch den Ausfall der Kernenergie fehlen werden. Die Differenz muss vor allem durch die anderen erneuerbaren Energien kompensiert werden. Deren Produktion ist jedoch stark von meteorologischen Gegebenheiten abhängig (z.B. Wind- und Solarenergie). Gerade wegen diesen Unsicherheiten beim Erzeugen erneuerbarer Energien wird das Wasser als speicherbare Energie in der Zukunft zusätzlich ins Zentrum der Schweizer Energiepolitik rücken.

Die aktuelle wirtschaftliche Situation der Wasserkraft gefährdet die Rentabilität der Wasserkraftproduktion. Durch die vielen Auflagen und Abgaben werden die wichtigen und leistungsstärksten Wasserkraftwerke stark unter Druck gesetzt. Zusätzlich werden die neuen erneuerbaren Stromquellen ab einer Leistung von 10 Kilowatt durch die kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) stärker subventioniert als die Wasserkraft, welche nur bis 10 Megawatt subventioniert wird. Weder die neue Energiestrategie noch die schweizerische Volkswirtschaft und die öffentliche Hand als Eigentümerin der Wasserkraftunternehmen wollen diese Diskrepanz aufrechterhalten. Dementsprechend soll die Energiepolitik insofern korrigiert werden, dass der Fokus auf den Erhalt der bestehenden Wasserkraft gelegt wird (Pfammatter und Piot, 2014: 10).



Bedeutung der Wasserkraft in der Schweiz . Grafik: Simon Emanuel Reusser

Die blaue Stromproduktion ist gar nicht immer so grün

Strom aus Wasserkraft gilt als besonders sauber und ökologisch. Dabei hat die Technik auch ihre Schattenseiten. Die Anlagen verdrängen zum Beispiel seltene Tierarten in Auengebieten.



Wasserkraft ist mit Eingriffen in die Natur verbunden. Bild: Michael Scheurer

Von Reto Peier und Linus Cadotsch

Bis Ende der 1960er-Jahre konnte die Schweiz mit ihrer Wasserkraft fast den gesamten eigenen Strombedarf decken (BFE, 2015b). Mit dem Aufkommen der Landschaftsschutz- und Umweltschutzbewegungen einerseits und durch die wirtschaftlichere Kernenergie andererseits wurde das Wachstum der Stromproduktion aus Wasserkraft gedämpft

(ESO, 2010). Heute steht die Wasserkraftproduktion vor einem Dilemma. Einerseits gilt sie als umweltfreundliche Energiequelle und wird staatlich gefördert. Andererseits hat sie ökologisch negative Konsequenzen auf den Gewässerraum.

Gewässerschutzgesetz

Das heute gültige Gewässerschutzgesetz (GschG) trat 1992 in Kraft. Es bezweckt, die Gewässer vor nachteiligen Einwirkungen zu schützen. Unter anderem werden auch die Wasserentnahmen und die Restwassermengen im Gesetz geregelt. Diese Regelungen sind aus ökologischer Sicht bei der Wasserkraftnutzung von grossem Belang. Das Gesetz sagt, dass jede Wasserentnahme, die über den Gemeindegebrauch hinausgeht, eine Bewilligung benötigt. Die Entnahme an einem Fliessgewässer richtet sich am Q_{347} aus. So müssen beispielsweise bei einem Q_{347} von 60 Litern pro Sekunde mindestens 50 Liter pro Sekunde Restwasser fliessen. Die Restwassermenge muss jedoch erhöht werden, wenn gewisse Anforderungen nicht erfüllt sind: Die Wassertiefe muss garantieren, dass die Fischwanderung möglich ist, die vorgeschriebene Wasserqualität muss erreicht werden und seltene Lebensräume müssen erhalten bleiben.

Das Erreichen von angemessenen Restwassermengen ist ein zähes Ringen zwischen der Wirtschaftlichkeit eines Wasserkraftwerkes und dem Schutz eines Gewässers. Weiter regelt das Gewässerschutzgesetz die Restwassersanierungen: Bestehende Restwasserstrecken hätten laut Gesetz bis 2012 saniert worden sein müssen - soweit dies wirtschaftlich tragbar gewesen wäre. Allerdings wurden bis im Juni 2015 erst zweit Drittel der Wasserfassungen saniert (BAFU, 2015). 350 von 1'000 notwendigen Sanierungen waren zu diesem Zeitpunkt noch ausstehend (ebd.). Die neue Zielsetzung verlangt, dass bis 2017 95 Prozent aller Sanierungen abgeschlossen sein müssen (ebd.).

Auswirkungen auf die Gewässerökologie

Mit der Nutzung der Wasserkraft erfolgt ein künstlicher Eingriff in den Gewässerraum, was die Biodiversität beeinträchtigt. Der Lebensraum rund um das Gewässer ist besonders artenreich. Allein in Auengebieten leben 1500 Pflanzenarten, obwohl Auen nur 0.55 Prozent

der Landesoberfläche ausmachen (Werth et al., 2012: 1). Viele Arten im Gewässerraum sind bedroht. Von den 20 in der Schweiz vorkommenden Amphibienarten, die alle aufs Wasser angewiesen sind, stehen deren 14 (70 Prozent) auf der Roten Liste (Schmidt und Zumbach, 2005: 1). Viele Vogelarten wie der Flusssuferläufer oder die Wasserramsel sind ebenfalls auf natürliche Gewässer angewiesen.

Je dynamischer, variabler und natürlicher ein Lebensraum ist, desto mehr Arten leben darin. Der Mensch indes durchtrennt Lebensräume durch Staudamern, was den genetischen Austausch erschwert. Durch die geregelten Abflüsse bleiben zudem die Hochwasser aus. Diese wären jedoch wichtig für Kiesablagerungen, die wiederum als Laichplätze dienen. Beim Spöl im Bündner Nationalpark werden daher seit 2000 künstliche Hochwasser erzeugt (Denzler, 2014). Seither hat sich die Anzahl Laichgruben nahezu vervierfacht (ebd.). Das Unglück beim Spöl 2013 unterhalb der Staumauer des Livigno-Sees, bei dem eine grosse Menge an Feinsedimenten in den Spöl eingebracht wurde, zeigt aber auch, dass bei der Wasserkraft ein Restrisiko für die Natur besteht.

Schwall und Sunk-Problematik

Einen wesentlichen negativen Einfluss auf die Gewässerökologie übt der Schwall-Sunk-Betrieb aus. Pegelschwankungen können natürlich oder anthropogen verursacht werden. Schwälle sind hingegen künstlich erzeugte Abflussspitzen in Fliessgewässern zu Zeiten des höchsten Strombedarfs (Unfer et al., 2004: 1). Die Phase zwischen zwei

Schwallen wird Sunk genannt. Ein Schwall-Sunk-Betrieb ist eine direkte Folge der Produktion von Spitzenenergie, wie sie in der Schweiz etwa um die Mittagszeit erfolgt. Schwallabflüsse unterscheiden sich von natürlichen Hochwassern durch ihre Regelmässigkeit und ihre hohe Frequenz. Der Abflussanstieg erfolgt bei einem Schwall meist viel schneller als bei einem natürlichen Hochwasser, was die Reaktionsfähigkeit vieler Organismen übersteigt. Sie wer-

Die Senkung des Energieverbrauchs im Sinne der 2000-Watt-Gesellschaft ist vorordentlich, als die Erschliessung neuer Energiequellen. Denn auch Produktionsanlagen erneuerbarer Energie haben Auswirkungen auf Lebensräume und Landschaften.

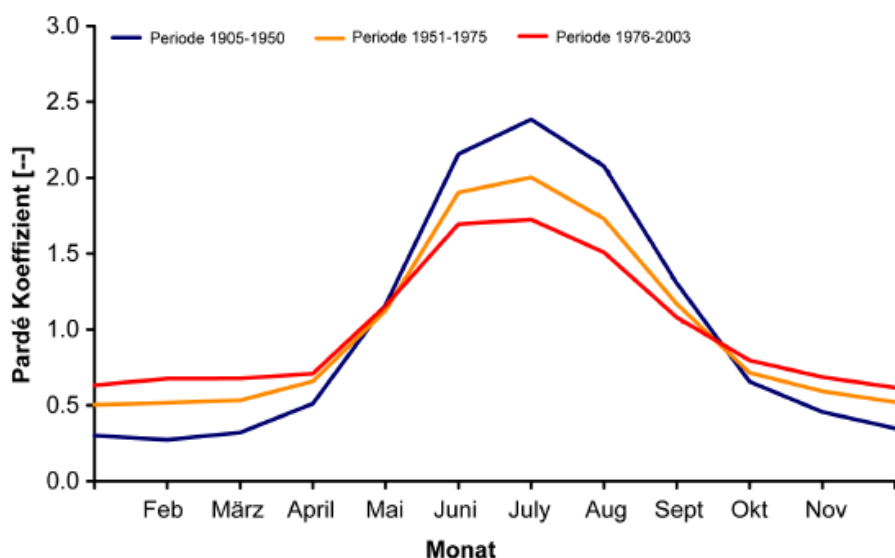
den weggeschwemmt oder stranden in Trockenfallen an den Randbereichen eines Gewässers (Meile et al., 2005: 3). Eine Bestandsaufnahme des Umweltberatungsbüro Limnex im Jahre 2001 vermerkte in der Schweiz 92 schwallerzeugende Kraftwerke. Die meisten davon liegen in den mittleren und grossen Talflüssen der Alpen und Voralpen. In diesen Regionen, wo grosse Speicherkraftwerke die Abflüsse regeln, ist der Schwallbetrieb im Winter am stärksten ausgeprägt. In den Wintermonaten wird das im Sommer zurückgehaltene Wasser zur Produktion von Spitzenenergie verwendet.

Die Wasserkraftnutzung hat (siehe

Grafik unten) das Potential ganze Abflussregimes zu verändern, wie jenes der Rhône bei Porte du Scex kurz vor der Mündung in den Genfersee. Früher dominierte das Abflussregime vom Typ "glazio-nival" bis "nivo-glazial". Heute ist das Abflussregime am selben Ort eher vom Typ "nival de transition" bis sogar "nivo-pluvial préalpin" (ebd.: 19). Die grössten Abflussmengen treten immer noch im Sommer auf, jedoch haben sie relativ abgenommen. Im Winter und Frühling wird mehr Abfluss verzeichnet. Der Abfluss von November bis April bleibt auf einem ähnlichen Niveau. Die hochalpinen Speicher der Kraftwerke im Einzugsgebiet der Rhône halten nicht nur das Wasser, sondern auch darin suspendierte Partikel zurück. Während der Wintermonate gelangt das gespeicherte Wasser in die Vorfluter, wodurch deren Schwebstoffhaushalt und Trübung stark verändert werden. Die Schwebstofffrachten übersteigen die entsprechenden Werte von vor dem Bau der Speicher um bis das Zwölfwache (Imhof et al., 2004: 318). Durch die künstliche Trübung verschlechtern sich die Lichtverhältnisse auf der Sohle, was zu einem eingeschränkten Algenbewuchs führt. Als Folge einer höheren Zufuhr von Feinpartikeln kann eine verstärkte Kolmation der Flusssohle auftreten. Dadurch wird der Lebensraum von auf und in der Sohle lebenden Organismen eingeschränkt und die Neubildung von Grundwasser vermindert (Meile et al., 2005: 28). Der Schwallbetrieb führt zu einer Abnahme der Biodiversität und der Anzahl der Biozönosen. Der Stress auf Organismen vermindert ihre Reproduktion. Es zeigt sich, dass bauliche Massnahmen und Anpassungen der Betriebspraktik die negativen Einflüsse des Schwallbetriebs auf die Umwelt vermindern können. So kann das turbinierete Wasser zuerst in ein Rückhaltebecken geleitet oder der Minimalabfluss vom Stausee erhöht werden. Der Maximalabfluss sollte beschränkt, die Turbinen stufenweise hoch- und zurückgefahren werden.

Unterbrechung des Flusskontinuums

Talsperren und Wehre unterbrechen den Fluss als Längskontinuum. Die Verinselung der Lebensräume gefährdet vor allem Arten, die in ihrem Lebenszyklus lange Wanderungen durchführen (z.B. Lachs, Nase, Aal). Arten, die auf strömendes Wasser angewiesen sind, verlieren in den Stauräumen ihren Lebensraum (Wüest, 2011: 1). Eawag-Fischbiologen wiesen an der unteren Töss (ZH), unterhalb eines sechs Meter



Gemittelte Pardékoeffizienten in Porte du Scex. Blaue Linie: 1905-1950 (vor Ausbau der Kraftwerke). Orange Linie: 1951-1975. Rote Linie: 1976-2003 (nach Ausbau der Kraftwerke). Grafik: Meile et al., 2005: 19

hohen Wehrs, 23 Fischarten nach, oberhalb nur noch 12 (ebd.: 1). Zur Überwindung dieser künstlichen Barrieren können Fischtreppe dienen. Jedoch sind nicht alle Fischpässe für alle Fische geeignet. Für die Abwanderung an den Kraftwerken existieren in der Schweiz nicht immer Abstieghilfen. Beim Abstieg über die Turbinen werden viele Fische verletzt oder getötet.

Geschiebe- und Feststoffhaushalt

Wasserkraftwerke verändern den Feststoff- und Geschiebehaushalt im Staubeereich und flussabwärts. Im Staubeereich bleibt Kies und Sand liegen, wodurch dieser von Sedimenten aufgefüllt werden kann. Grund dafür ist eine zu geringe Strömung. Fehlendes Geschiebe unterhalb von Stauanlagen kann dazu führen, dass sich der Fluss eintieft. Dies führt zu Verlusten von Laichgründen für kieslaichende Fische und generell zum Verlust von strukturiertem Lebensraum für strömungsliebende Arten. Wird Kies und Sand im Staubeereich nicht zurückgehalten, kann die Problematik vermindert werden. Der Transport dieses Materials vom Staubeereich hinter das Kraftwerk kann auch künstlich erfolgen.

Umweltallianz

Die Wasserkraft gilt als nachhaltige, erneuerbare und klimafreundliche Energiequelle. Der CO₂-Fussabdruck aller Schweizer Wasserkraftwerke liegt durchschnittlich bei 16 Gramm CO₂-eq pro Kilowattstunde, wenn Pumpspeicher miteingerechnet werden. Dieser Wert liegt deutlich unter dem Schweizer Strommix von 149 Gramm CO₂-eq pro Kilowattstunde (Flury et al., 2012: 3). Die Umweltallianz, der Zusammenschluss aus Greenpeace, Pro Natura und WWF, unterstützen daher die Energiegewinnung aus der Wasserkraft. Jedoch sollten keine weiteren Standorte zugebaut werden, sondern die bestehenden Anlagen saniert und ausgebaut werden. Die Allianz stellt sich klar gegen Kleinkraftwerke.

Die Einwirkungen auf die Umwelt seien gegenüber Grosskraftwerken unverhältnismässig höher. Der Zugang zu ökologisch produziertem Strom solle für jedermann geschaffen werden (Umweltallianz, 2010). Zusammenfassend: Die Senkung des Energieverbrauchs im Sinne der 2000-Watt-Gesellschaft ist vordringlicher, als die Erschliessung neuer Energiequellen. Denn auch Produktionsanlagen erneuerbarer Energie haben Auswirkungen auf Lebensräume und Landschaften.

Morgenstund' hat Kaffee im Mund

Wenn Herr und Frau Schweizer am Morgen Kaffee kochen, wäre dies ohne Wasserkraft nicht möglich. Warum dies so ist, erklärte Bernhard Hohl vom Bundesamt für Energie.

Von Niccolò Galatioto, Stefan Häderli, Moritz Iseli

Wer von Ihnen hat heute Morgen schon eine Tasse Kaffee getrunken? Und wie viel Energie wird eigentlich benötigt, um eine solche zuzubereiten? Mit diesen Fragen leitet Bernhard Hohl vom Bundesamt für Energie sein Referat zur Wasserkraftnutzung in der Schweiz ein und beantwortet seine Fragen gleich selbst: 5'800 Joule werden beim Zubereiten eines Kaffees durchschnittlich verbraucht. Das entspricht etwa dem Aufwand, einen Kubikmeter Wasser sechs Meter hochzuheben oder eine Sechswatt-LED-Lampe zweieinhalb Stunden brennen zu lassen. Doch wie wird die von uns täglich benötigte Energie überhaupt erzeugt? Welches Potential wird in der Schweiz aus der Wasserkraft geschöpft und wie wird die Stromversorgung zu Spitzenverbrauchszeiten sichergestellt? Antworten dazu liefert Hohl in seinem Referat.

Stromproduktion- und verbrauch

Der Stromverbrauch in der Schweiz beträgt 62 Terawattstunden (TWh) pro Jahr. Alleine 4 TWh gehen beim Transport durch das schweizerische Stromnetz verloren. Tatsächlich verbraucht werden in der Schweiz von den Endkunden also rund 58 TWh. Dem gegenüber steht die Zahl der in der Schweiz erzeugten Strommenge von 67 TWh. Der Überschuss in der Produktion von 5 TWh wird in die Nachbarländer exportiert. Die hohen Exportüberschüsse im Sommerhalbjahr werden jedoch durch netto Stromimporte im Winter geschmälert.

Betrachtet man den Stromverbrauch in der Schweiz innerhalb eines ganzen Tages, fallen grosse Schwankungen auf. Die Verbrauchsspitzen sind am Vormittag und am Abend um etwa 19 Uhr. Diese Verteilung hängt mit den Alltagsaktivitäten (Kochen, Duschen, usw.) der Verbraucher zusammen. Die Stromproduzenten tragen diesen tages- und jahreszeitlichen Schwankungen

Rechnung und müssen entsprechend die Menge der Stromproduktion anpassen. An dieser Stelle leitete Bernhard Hohl über zur Frage, wie der Strom in der Schweiz überhaupt erzeugt wird.

Die Kernkraftwerke liefern rund 38 Prozent des schweizerischen Strombedarfes in Form von sogenannter Bandenergie. Das bedeutet, dass die produzierte Strommenge nicht reguliert werden kann und konstant ins Stromnetz eingespeist wird. Die alternativen Energiequellen (Biomasse, Geothermie, Wind und Solar) und thermische beziehungsweise fossile Kraftwerke tragen mit 2 Prozent beziehungsweise 3 Prozent nur relativ wenig zur Stromversorgung bei. Die übrigen 57 Prozent des benötigten Stromes werden durch Wasserkraftwerke produziert. Davon befinden sich 60 Prozent in den Kantonen Graubünden, Tessin, Uri und Wallis, da diese Regionen bedingt durch die Topografie grosse Niederschlagsmengen sowie grosse Reliefenergien aufweisen.

Wasserkraftwerke: Ihre Funktionsweise

Bei der Wasserkrafterzeugung wird zwischen Laufkraftwerken, Speicherkraftwerken und Pumpspeicherkraftwerken unterschieden. Genau wie die Kernkraftwerke liefern auch die Laufkraftwerke Bandenergie. Sie befinden sich meist an grossen Talflüssen im Tiefland und stehen somit immer in Betrieb. Ein Beispiel für eine effiziente Wasserkraftnutzung durch Laufkraftwerke bildet die Kraftwerkskette am Hochrhein zwischen dem Bodensee und Basel. Dort befinden sich beinahe sämtliche Flussabschnitte im Einflussgebiet eines Laufwasserkraftwerkes. Ein weiterer Ausbau der Wasserkraftnutzung ist hier somit nur noch marginal möglich. Für die Energieproduktion der Laufkraftwerke spielt die bei den Turbinen durchfliessende Wassermenge die Hauptrolle. Grundsätzlich gilt: Je mehr Wasser durch das Kraftwerk fliesst, desto mehr Energie kann produziert werden. Eine wichtige Kennzahl zur

Abschätzung der Produktionskapazität eines Laufkraftwerks ist der sogenannte Wehrüberfall. Er bezeichnet die Anzahl Tage im Jahr, an denen bei hohen Abflüssen ein Teil des Wassers über das Stauwehr abgeleitet werden muss und somit nicht zur Stromproduktion genutzt werden kann. Je grösser die Kapazität des Kraftwerks, desto kleiner ist die Anzahl Tage mit Wehrüberfall. Weniger ins Gewicht fällt hier die nutzbare Fallhöhe des Wassers. Dies ganz im Gegensatz zu den anderen beiden Wasserkraftwerkstypen.

Um mit (Pump-) Speicherkraftwerken Energie zu gewinnen, werden primär die hohen Reliefenergien im Alpenbogen genutzt. Dadurch kann auch mit kleineren Wassermengen viel Strom erzeugt werden. Bei der Stromgewinnung spielt die Fallhöhe des Wassers vor dem Turbinieren eine entscheidende Rolle. Je grösser die Fallhöhe, desto höher die Geschwindigkeit und somit die kinetische Energie mit der das Wasser in die Turbine eintritt. Das Wasser, welches vor allem im Sommerhalbjahr in Form von Niederschlag im Einzugsgebiet anfällt, wird mit Hilfe von Talsperren in hoch gelegenen Tälern in Stauseen zurückgehalten. Diesem Umstand kommt im Bezug auf die Stromverbrauchsspitzen eine enorme Bedeutung zu.

Das gespeicherte Wasser kann im Bedarfsfall sofort zur Stromproduktion genutzt werden und hilft, drohenden Versorgungsengpässen entgegen zu wirken. Wie in der untenstehenden Abbildung ersichtlich, wird die während dem Sommer in den Stauseen gespeicherte Energie im Winterhalbjahr turbiniert und ins Stromnetz eingespeist. Das Maximum der Füllstände der Stauseen wird jeweils Mitte September, das Mini-

mum ungefähr Ende April erreicht.

Am meisten Energie durch Wasserkraft wird in der Schweiz mit dem Speicherkraftwerk Grande Dixence im Wallis erzeugt. Die Gewichtsstauwand ist 285 Meter hoch und damit die viertöchste Stauwand der Welt. Dank der hohen Stauwand können bis zu 400 Millionen Kubikmeter Wasser im Stausee gespeichert werden. Damit können rund 2 Terawattstunden erzeugt werden. Um den Stausee füllen zu können, wird aus diversen Nebentälern Wasser in den Stausee geleitet oder teilweise sogar in den Stausee hochgepumpt. Die Länge der Zuflussstollen beträgt insgesamt

Im Gegensatz zu klassischen Speicherkraftwerken ist das Ausbaupotential bei Pumpspeicherkraftwerken vielversprechend.

über 100 Kilometer. Das Kraftwerk Bieudron, in welchem das Wasser aus dem Lac de Dix turbiniert wird, kann eine enorme Fallhöhe von 1'800 Meter zur Stromproduktion nutzen.

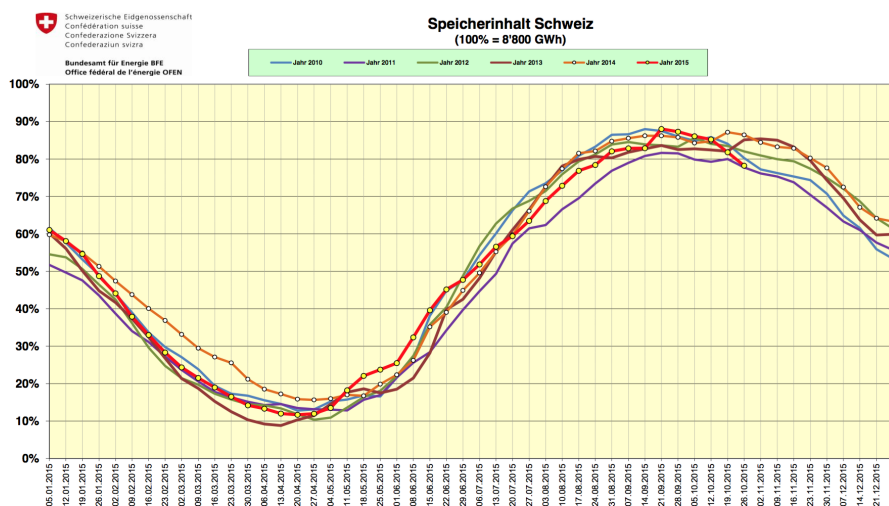
In ähnlicher Weise funktionieren die bereits erwähnten Pumpspeicherkraftwerke. Im Unterschied zu den Speicherkraftwerken ist jedoch unterhalb des eigentlichen Stausees ein weiteres Rückhaltebecken vorhanden. Somit besteht die Möglichkeit, das bereits turbinierte Wasser wieder in den Stausee hochzupumpen, um mit demselben Wasser erneut Strom zu produzieren. Im Hinblick auf die Anfangs erwähnten starken Netzschwankungen während des Tagesverlaufs kommt den Pumpspeicherkraftwerken eine grosse Bedeutung zu. Mit

ihnen lassen sich bei Bedarf innert kürzester Zeit grosse Mengen Strom erzeugen. Sinkt der Strombedarf jedoch, so kann das Wasser im Rückhaltebecken mit dem „überflüssigen“ Strom aus dem Netz wieder in den Stausee zurückgepumpt werden. Dadurch können einerseits die Netzschwankungen ausgeglichen werden und andererseits kann haushälterisch mit dem Wasser umgegangen werden, da dies erneut für die Stromproduktion genutzt wird. Die Pumpspeicherung erhöht die Flexibilität, was ihm Hinblick auf die zu erwartende Klimaänderung sehr wichtig ist. Allerdings sind grosse Mengen an Energie nötig, um die Speicherseen mittels Pumpen zu füllen. So beträgt der Stromverbrauch in der Schweiz durch Pumpen rund 2.5 TWh.

Im Gegensatz zu klassischen Speicherkraftwerken, deren weiteres Ausbaupotential heute begrenzt ist, sind die Möglichkeiten zur Steigerung der installierten Leistung bei Pumpspeicherkraftwerken vielversprechend. Am Beispiel von Nant de Drance stellte Bernhard Hohl eines der grossen Projekte in der Schweiz vor. Zu dem schon bestehenden Speicherkraftwerk am Lac Vieux Emosson wird weiter unten im Tal ein grosses Rückhaltebecken gebaut, in welchem Wasser gespeichert und bei Bedarf wieder in den Lac Vieux Emosson zurückgepumpt werden kann. Die Zentrale, in der das Wasser turbiniert wird, befindet sich unterirdisch zwischen den beiden Becken und kann innert Minuten die Produktionsleistung eines Kernkraftwerks ans Netz bringen. Zurzeit sind noch zwei weitere grosse Pumpspeicherkraftwerke im Bau und es existieren bereits zahlreiche Ideen für weitere Projekte.

Ausblick

Bernhard Hohl attestierte mit seinem Referat der Wasserkraft in der Schweiz eine Schlüsselrolle für die heutige und zukünftige Stromproduktion. Dabei liefern Lauf- und Speicherkraftwerke zuverlässig grosse Mengen an Strom. Pumpspeicherkraftwerke, mit welchen die Variation der Netzspannungen optimal ausgeglichen werden kann und deren Ausbaupotential relativ hoch ist, ergänzen den Kraftwerkspark. Durch die Kombination dieser drei Kraftwerkstypen wird mit der Wasserkraft ein solides Fundament für die Stromproduktion in der Zukunft gelegt.



Eine spannungsgeladene Sache

Turbiniert, transformiert und transportiert: Die Wege des Stroms vom Kraftwerk bis in die Steckdose aus physikalischer Sicht ergründet.

Von Marco Knechtle, Matthias Ineichen, Katja Zünd

Talsperren werden als Stauanlagen definiert, die einen ganzen Talquerschnitt absperren und dabei grosse Wassermengen stauen. Boes (2012) gliedert Talsperren grob in Staudämme und Staumauern. Im Folgenden wird auf diejenigen Typen eingegangen, welche in der Schweiz bei Speicherkraftwerken häufig auftreten. Welcher Typ zum Tragen kommt, hängt grundsätzlich von der Talform, der Geländebeschaffenheit und den vor Ort verfügbaren Baustoffen ab (Züttel, 2004: 192).

Gewichtsstaumauern: Durch das Eigengewicht der Betonkonstruktion werden Reibungskräfte aktiviert, welche dem horizontal angreifenden Wasserdruck entgegenwirken. Gewöhnlich weisen Gewichtsstaumauern einen dreieckigen Querschnitt auf, wobei die Wasserseite häufig senkrecht ist. Die Sohlwasserdrücke sind bei diesem Mauertypen besonders gross und können über die Formel des hydrostatischen Drucks (P) abgeschätzt werden:

$$P = \rho \cdot h \cdot g$$

wobei ρ der Dichte der Flüssigkeit, h der Tiefe und g der Fallbeschleunigung entspricht. Auf die in 227 Meter gelegene Mauersohle der Grande Dixence (höchste Gewichtsstaumauer der Welt) wirken demnach etwa 22.7 bar ($1000\text{kg/m}^3 \cdot 227\text{m} \cdot 9.81\text{m/s}^2$). Dieser Typus eignet sich besonders in breiten Tälern mit schwach geneigten Talflanken (Bergmeister, Fingerloos und Wörner, 2011; Boes, 2012; Grande Dixence, o.J. b.; Züttel, 2004).

Bogenstaumauern: Diese besonders eleganten Bauten tragen den Wasserdruck durch die vertikal und horizontal gekrümmten Mauern auf den Felsuntergrund und die Talflanken ab. Der Felsuntergrund wird im Vergleich zur Gewichtsstaumauer aufgrund der geringen Dicken der Mauern höher beansprucht. Man findet sie vor allem in engen Tälern mit einem standfesten Baugrund aus Fels (Bergmeister et al., 2011; Züttel, 2004).

Pfeilerstaumauern: Die Betonmauer dieser Talsperre stützt sich auf im Fundament eingelassene Stahlbetonpfeiler.

Die Lasten werden auf die unteren Fundamente und die Ufer übertragen. In der Regel werden sie in Tälern gebaut, die für eine Bogenstaumauer zu breit sind und wo der Bau einer Gewichtsstaumauer aufgrund des hohen Materialbedarfs zu kostspielig wäre (Bergmeister et al., 2011; Grande Dixence, o.J. b.).

Erdschüttdämme: Neben den vorgestellten Staumauern aus Beton gibt es auch Dämme, die dank der Aufschüttung grosser Materialmengen, Wasser stauen können. In der Mitte befindet sich im Allgemeinen ein wasserdichter Kern, der durch Steinschüttungen verstärkt ist. Erdschüttdämme werden durch ihre viel grössere Breite als Höhe charakterisiert (Grande Dixence, o.J. b.).

Leitungen

Sofern es die Umstände zulassen, werden Leitungen möglichst senkrecht erbaut. Je steiler, desto weniger Reibungsverluste treten auf und umso effizienter kann die Fallhöhe H (m) genutzt werden. Um eine langfristige Stabilität und geringe Reibungsverluste zu gewährleisten, weisen Druckstollen/Druckschächte einen kreisrunden Querschnitt auf und sind oft mit einem spezialisierten Beton ausgekleidet (Giesecke und Mosonyi, 2013).

Turbinentypen

Nachdem die Leitungen durchflossen wurden, erreicht das Wasser das Kraftwerkhaus, wo die Turbinen den hydraulischen Teil abschliessen. Die Turbinen wandeln die kinetische Energie des Wassers in mechanische Energie um, welche die Generatoren antreibt. Im Folgenden werden die drei prominentesten Turbinentypen vorgestellt:

Die **Pelton turbine** funktioniert ähnlich wie ein Wasserrad. Das Wasser wird über eine Düse auf die Doppelbecher gelenkt. An der Mittelschneide wird der Wasserstrahl geteilt und die Energie an das Turbinenrad abgegeben. Danach fliesst das Wasser nach hinten wieder aus den Bechern und wird nach unten abgeleitet. Diese Turbine wird, wie in der Abbildung auf Seite 12 dargestellt, vor allem bei grossen Fallhöhen genutzt, wo das Wasser aus Höhen von 1'000 Metern und mehr herunterdonnert und

mit Geschwindigkeiten von ungefähr 500 Kilometern pro Stunde aus der Düse schießt.

Die **Francisturbine** ist ebenfalls weit verbreitet. Das Wasser wird durch eine Einlaufspirale auf die Schaufeln gelenkt. Um einen optimalen Auftreffwinkel zu bekommen, geschieht dies durch ringförmig angelegte Laufräder. Das Wasser fliesst danach unten wieder ab. Diese Turbine ist vielseitig verwendbar. Sie kann sowohl bei verschiedenen Fallhöhen, als auch bei verschiedenen Wassermengen genutzt werden.

Die **Kaplan turbine** schliesslich ähnelt der Schiffsschraube. Sie besitzt propellerförmige, verstellbare Flügel und kann dadurch den optimalen Wirkungsgrad nutzen. Diese Turbine wird bei wasserreichen Flüssen eingesetzt, wie der Abbildung auf Seite 12 entnommen werden kann. Jedoch wird sie nur bis zu einer Fallhöhe von ungefähr 30 Metern verwendet (Züttel, 2004; BDEW, 2011).

Der Generator

Am Anfang des elektrischen Stromes steht der Generator. Dieser hat die Funktion, die mechanische Leistung (P_{mech}) in elektrische Leistung (P_{el}) umzuwandeln, wobei die Verlustleistung (P_{v}) möglichst gering sein soll:

$$P_{\text{el}} = P_{\text{mech}} - P_{\text{v}}$$

Dabei bewegt sich im Innern ein Magnet, der als Rotor bezeichnet wird. Ausser herum ist eine Drahtspule befestigt, der Stator. Der Magnet dreht sich und dadurch werden die Elektronen in der Drahtspule angeregt, die sich nun immer von einer zur anderen Seite bewegen. So entsteht elektrische Spannung in Form von Wechselstrom. Dieser wird in einer bestimmten Frequenz vom Generator erzeugt. Dabei wird der Kehrwert der Periodendauer (T) eines Wechselstroms als Frequenz (f) bezeichnet und in Hertz notiert. Eine Periode ist durch eine negative und eine positive Halbwelle gekennzeichnet, folglich eine Umdrehung des Magnets:

$$f = 1 / T$$

Im europäischen Stromnetz werden Wechselspannungen von 50 Hertz (Hz) erzeugt (Schnabel, 2007).

Der Transformator

Der in den Kraftwerken produzierte Drehstrom mit einer Spannung, die meistens zwischen 10 und 30 Kilovolt (kV) liegt, muss auf eine höhere Netzebene umgespannt werden. Dazu werden sogenannte Transformatoren verwendet. Ähnlich wie der Generator ist der Transformator eine ruhende, elektrische Maschine, die nach dem Induktionsprinzip funktioniert. Ein Transformator besteht klassischerweise aus zwei oder mehreren Wicklungen, die gegenseitig isoliert sind und einen gemeinsamen Eisenkern besitzen. Durch Anlegen einer Wechselspannung an der Primärseite wird ein ständig wechselndes Magnetfeld erzeugt, das über den Eisenkern an der Sekundärseite eine Wechselspannung mit derselben Frequenz hervorruft. Bei der Dimensionierung eines Transformators gelten die folgenden Gesetzmässigkeiten (Panos, 2006: 250):

$$U_2/U_1 = N_2/N_1; I_2/I_1 = N_1/N_2; U_2/U_1 = I_1/I_2$$

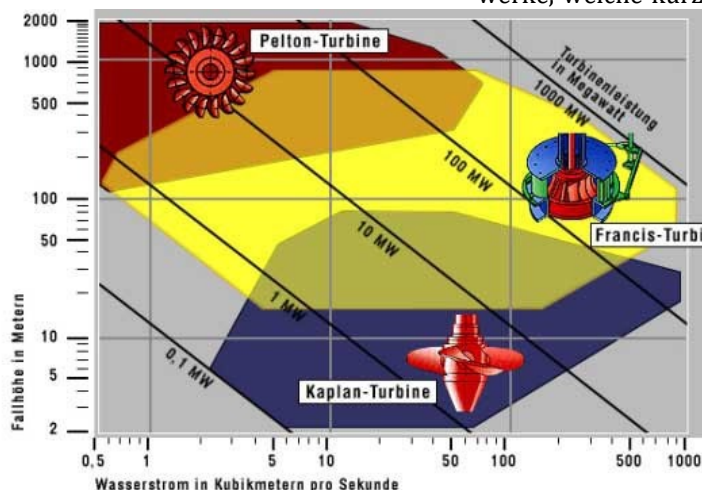
Dabei hängt die Spannung an der Sekundärseite von der Höhe der Eingangsspannung an der Primärseite und dem Verhältnis der Windungszahlen (N) der Wicklungen ab (Panos, 2006). Der Wirkungsgrad von Transformatoren ist von der anliegenden Last abhängig. Bei Volllast können grosse Transformatoren Wirkungsgrade bis zu 99 Prozent erreichen. Aufgrund hoher Leistungen, die umgespannt werden, entstehen trotz den prozentual kleinen Verlusten hohe Wärmeverluste. Diese Abwärme muss durch Kühlung an die Umgebung abgegeben werden. Die Wichtigkeit der Kühlung wird in einer Faustregel, welche die Lebensdauer vorhersagt, klar gemacht. Diese besagt, dass bei 6K höherer Umgebungstemperatur die Lebensdauer eines Transformators halbiert wird.

Stromübertragung und -verteilung

Durch den Ohm'schen Widerstand fällt beim Stromtransport die Spannung entlang der Stromleitung ab, da ein Teil der eingespeisten elektrischen Arbeit in Form von Wärme an die Umgebung verloren geht. Für den Stromtransport gelten folgende Formeln (Panos, 2006: 250): $DW_v = R \times I^2 \times t$

Aus dieser Formel ist ersichtlich, dass die Verlustarbeit (DW_v) proportional zur Leitungslänge (t) und zum Quadrat der Stromstärke (I) ist. Aus den obigen Formeln lässt sich ableiten, dass ein verlustarmer Transport über grosse Strecken bei hohen Spannungen passieren muss. In Europa ist es üblich, dass deshalb ein Höchstspannungsnetz mit Betriebsspannungen bis zu 380 kV für weite Entfernungen eingesetzt wird. Das *Verbundnetz*, an dem mehrere Kraftwerke miteinander verbunden sind, besteht deshalb aus mehreren Netzebenen, die mit unterschiedlichen Betriebsspannungen betrieben werden. Diese können wiederum in Übertragungs- und Verteilungsnetze unterschieden werden. Mit den Übertragungsnetzen können grosse Entfernungen überbrückt werden und mit ihren hohen Betriebsspannungen übernehmen sie überregionale Übertragungsaufgaben. Die Verteilungsnetze haben deutlich kleinere Betriebsspannungen und dienen der regionalen Versorgung von elektrischer Energie. Für die Umspannung zwischen den Netzebenen setzt man die vorhin dargestellten Transformatoren ein (Panos, 2006). Eine weitere Besonderheit der elektrischen Energie ist die verlustreiche Speicherung. Deshalb muss für jeden Tag eine Art Fahrplan erstellt werden, wann wie viel Energie produziert wird. Bei Abweichungen von diesem muss sogenannte Regenergie, die durch Kraftwerke, welche kurzfristig ihre Leistung

hoch-, beziehungsweise runterfahren können, bereitgestellt werden. Die ganze Überwachung des Verbundnetzes läuft über die Frequenz. Dabei ist die magische Marke die 50 Hz, die bei zu wenig Leistung unterschritten und bei zu viel Leistung übertroffen wird (Oesterreichs Energie, o.J.).



Die verschiedenen Turbinentypen dargestellt mit den optimalen Wirkungsgraden. Grafik: BDEW, 2011

Ein Hauch

Das Berner Matte-Laufkraftwerk. Obwohl es nur einen



In der Matte wird das Wasser für die Stromproduktion genutzt.

Von Nora Elger, Rahel Kaltenrieder, Tanja Studer

Nach einer kurzen Einführung durch die beiden EWB-Mitarbeiter Andres Wäfler und Peter Burri, vermittelte ein Film die Geschichte des traditionsreichen Kraftwerks Matte.

Bereits im 13. Jahrhundert wurde die Aare in Bern für die Wasserkraft genutzt. Damals wurde die Kraft von Wasserrädern über Transmissionswellen übertragen und vor allem für den Betrieb von Sägereien, Mühlen, Ledergerbereien und weiteren Gewerben genutzt. Die bestehenden Wasserräder wurden schliesslich im Jahr 1876 durch drei BELL-Turbinen bei der zentralen Matte ersetzt. Im August 1891 wurde im Gleichstromwerk Matte schliesslich der erste Berner Strom produziert, der für die Strassenbeleuchtung in Bern genutzt wurde. Im 20. Jahrhundert

h Kraftwerksnostalgie

Kraftwerk stellt für das gleichnamige Quartier einen besonderen Stolz
n Bruchteil zur Berner Stromproduktion beiträgt.



Produktion kanalisiert. Derzeit werden Kiesablagerungen abgetragen. Bild: Michael Scheurer

stieg der Strombedarf der Berner Bevölkerung stetig an. Um diesen Bedarf zu decken, wurden 1925 die bisherigen Dynamomaschinen ersetzt und somit die Zeit der Gleichstromversorgung beendet (Film Kraftwerk Matte; EWB, 2007: 2).

Das gesamte Kraftwerk wurde vom 9. Mai 1983 bis 1985 komplett erneuert. Auch die Schwelle wurde neben den neuen Produktionsanlagen sukzessive renoviert. Im Jahr 1983 ging die Ära des alten Matte-Kraftwerks zu Ende und der Start der neuen, hydraulischen Maschinengruppe wurde eingeläutet. Der damalige Stadtpräsident Werner Bircher betont die Bedeutung des Kraftwerks Matte für Bern: „Das Kraftwerk Matte ist mit der Matte gewachsen und soll mindestens noch zwei weiteren Generationen Dienst tun.“ Das neue Kraftwerk konnte 1985 in Betrieb genommen werden.

2005 hatte das Hochwasserereignis in Bern starke Auswirkungen auf das Kraftwerk Matte. So wurden beispielsweise die elektronischen Steuerungen und das Getriebe komplett zerstört. Die Schadenssumme belief sich auf rund 1,5 Millionen Franken. Nach dem Ereignis wurden von der Stadt neue Hochwasserschutzmassnahmen ausgearbeitet. Da das Fortbestehen der Mattenschwelle entschieden wurde, beschloss die Geschäftsleitung der EWB, das Kraftwerk Matte zu sanieren und die Anlage 2007 wieder in Betrieb zu nehmen. Auch an der Anlage selber wurden diverse Schutzmassnahmen getroffen. So wurden vier Handschleusen der Mattenschwelle umgebaut, die im Notfall schnell und einfach entfernt werden können, wodurch die Durchlässigkeit für Schwemmholz stark erhöht wird. Zudem wurden einige Betonmauern errichtet, die die mögliche Wasserkapa-

azität vergrössern. Diese und weitere Massnahmen dienten laut Andres Wäfler jedoch nur als schadenmindernde Massnahmen im Ereignisfall. Längerfristige Massnahmen müssten zusätzlich ausgearbeitet werden, die nicht nur auf Symptombekämpfung, sondern auf die Ursachenbekämpfung ausgerichtet seien. Ebenso betont er, dass beim Hochwasserereignis 2005 nicht hauptsächlich die Abflussmenge des Wassers das Problem darstellte, sondern die grosse Menge an mitgeführtem Schwemmholz.

Technische Daten

Das Kraftwerk Matte nutzt ein Gefälle von 3.2 Metern. Das bewältigbare Volumen liegt bei maximal 40 Kubikmeter pro Sekunde. 65 Handschleusen und vier automatischen Schleusen regulieren den Abfluss und den Pegel der Aare, damit dieser konstant bleibt.

Das Kraftwerk Matte ist mit seinen rund sieben Gigawattstunden (GWh) Strom pro Jahr ein sehr kleiner Stromproduzent. Im Verhältnis zur gesamten Berner Stromproduktion stammt nur

Die EWB

Die Betreiberin des Kraftwerks Matte ist Energie Wasser Bern (EWB). Die EWB ist ein öffentlich-rechtliches Unternehmen im Besitz der Stadt Bern und somit an den erteilten Leistungsauftrag gebunden. Sie entstand 2002 aus einem Zusammenschluss des Elektrizitätswerks der Stadt Bern und der Gas-, Wasser- und Fernwärmeversorgung. Die EWB beschäftigt rund 600 Mitarbeiter.

Der Aargletscher gehört d

Wem gehören eigentlich die Gletscher? Und in wessen Besitz ist das V Bütler, Antworten hat.

Von Simon Reusser und Mark Schuler

Bundesverfassung, Raumplanungsrecht, Fischereirecht, Wasserrecht, Gewässerschutz, Energierecht, Umweltrecht, Verfahrensrecht und Natur- und Heimatschutz: Die Schweizer Wasserkraft ist ein Paradies für Juristen und ein Grauen für Unternehmer. Dr. iur. Michael Bütler, Rechtsanwalt aus Zürich, kennt sich im Dschungel der Paragraphen aus. Sein Spezialgebiet: Berg-, Gletscher- und Umweltrecht sowie Zivilrecht. Er ist Mitglied der Umweltkommission des Schweizerischen Alpenclubs (SAC) und in der Begleitgruppe Recht beim Gewässerschutzverband Aqua Viva. Bütlers Vortrag am Geographischen Institut Bern brachte Licht ins Gewirr der tausend und einen Rechtsgebiete.

Rechtsordnung in der Schweiz

Die Schweizer Rechtsordnung weist nämlich eine Erlasshierarchie mit Verfassung, Gesetzen und Verordnungen auf. Die Verfassung ist die Grundlage aller Rechtsnormen, welche alle wichtigen Themen in ihren Grundzügen regelt (Umwelt, Raumplanung, Energie - unter anderem). Dies sind Aufgaben, die die Bürger dem Staat übertragen. Gestützt auf diese Verfassung erlässt das Parlament Gesetze. In diesen werden die Verfassungsartikel näher ausgeführt. Es gilt das Legalitätsprinzip, wonach für staatliches Handeln eine genügende gesetzliche Grundlage erforderlich ist. Auf Stufe der Verordnung werden die Gesetzesbeziehungsweise Verfassungsbestimmungen präzisiert und



Lauteraargletscher und Finsteraargletscher fliessen hier zusammen. Aber wem gehören sie?

näher ausgeführt. Diese enthalten viele Detailbestimmungen und regeln näher, was in den Gesetzen steht.

In der Hierarchie von oben nach unten sind die Verfassung und die Gesetze demokratisch am besten abgestützt. Für Verfassungsartikel müssen die Kantone und die Bevölkerung zustimmen. Die Gesetze werden vom Parlament erlassen und die Bevölkerung

hat die Möglichkeit, mittels Referendum eine Abstimmung zu erzwingen. Die Aufgabe des Bundesrates ist es, die Gesetze, die das Parlament ausgearbeitet und die Bevölkerung abgesegnet hat, detailliert in den Verordnungen auszuführen. Unterhalb der Stufe der Verordnung gibt es Vollzugshilfen, Empfehlungen und Leitfäden, die helfen sollen, das Recht richtig zu verstehen

(Fortsetzung Seite 13) 0.7 Prozent des Stroms aus dem Kraftwerk Matte. Dies deckt ungefähr den durchschnittlichen Bedarf von 1750 Haushalten. Im Vergleich dazu stellt das Kraftwerk Felsenau rund zehnmal so viel Strom her. Dies ist vor allem auf das grössere Netztogefälle zurückzuführen. Früher wurde im Schichtbetrieb gearbeitet um den Ausgleich zwischen Stromnetzbedarf und Turbinenaktivität von Hand zu regulieren. Heutzutage ist das Kraftwerk

elektronisch überwacht. Der Ausgleich zwischen Netzbedarf und Generator findet automatisch statt. Der Maschinenraum ist nicht mehr betreut. Die Signale werden einerseits an die Leitstelle im Monbijou weitergeleitet, andererseits auch an die Feuerwehr, welche ebenfalls Zugriff auf die Videoüberwachung hat. Das Leitrad bei der Turbine kann im Ereignisfall geschlossen werden. Dies ist sowohl elektronisch wie auch mechanisch möglich. Um den Zu-

stand der Turbine zu kontrollieren wird das Kraftwerk einmal im Jahr trockengelegt.

Der Kraftwerkbetrieb

Das Kraftwerk verfügt über eine doppelt regulierte Kaplanturbine. Für eine optimale Leistungsnutzung kann bei der Turbine einerseits der Winkel des Leitrades als auch des Laufrads verstellt werden. Die heutige Turbine ist mit einer neun Meter langen Welle mit dem

Der BKW. Recht so?

Wasser? Recht schwierige Fragen, auf die der Umweltjurist, Michael



Eigentlich? Bild: Fiesch/Wikimedia

und anzuwenden.

Wasser- und Energiepolitik

Die Wasser- und Energiepolitik der Schweiz wird in den Grundzügen in der Verfassung geregelt (BV 76, 89): „Der Bund sorgt im Rahmen seiner Zuständigkeiten für die haushälterische Nutzung und den Schutz der Wasservorkommen sowie für die Abwehr schädli-

gender Einwirkungen des Wassers“ (BV 76 I). In den folgenden Absätzen werden weitere Aufgaben des Bundes definiert. Dazu gehören unter anderem das Festlegen der Grundsätze zur Nutzung der Gewässer zur Energieerzeugung (BV 76 II). Der Bund hat also eine Grundsatzgesetzgebungskompetenz.

Das heisst, er darf nicht alle Details regeln und muss den Kantonen einen

Generator verbunden. Sie hat eine maximale Leistung von 1'100 Kilot Watt. Mit einem Laufraddurchmesser von 3.2 Meter ist sie grösser als die alten Turbinen. Die Winkelanstellung der 13 Schaufeln am Leitapparat und der drei Schaufeln am Laufrad werden automatisch geregelt, so dass die maximale Leistung aus dem Wasser gewonnen werden kann. Bezüglich Restwassermenge besteht die Regelung, dass permanent mindestens zwei Wehre geöffnet

sein müssen. Die Rentabilität des Kraftwerks ist allerdings defizitär. Das Kraftwerk Matte liesse sich nur mittels Quersubventionierung des Kraftwerks Felsenau finanzieren. Wichtig für den Fortbestand sei aber ebenfalls die Zertifizierung „naturemade star“, die das Kraftwerk als Produzent von Ökostrom ausweist. Ein Ausbau oder allfällige weitere Anpassungen aufgrund des Status von Bern als „UNESCO Weltkulturerbe“ sind schwierig bis unmöglich.

Spielraum belassen. Hingegen verfügt der Bund über umfassende Kompetenzen in den Bereichen Gewässerschutz, Restwassermengen, Wasserbau, Sicherheit von Stauanlagen und die Beeinflussung von Niederschlägen (BV 76 III). Interessant ist der Punkt in Absatz IV, dass die Kantone über die Wasservorkommen verfügen und dafür auch Abgaben erheben dürfen. Davon ausgenommen sind Grenz- und interkantonale Gewässer. In solchen Fällen entscheidet der Bund unter Beizug der betreffenden Kantone (BV 76 V). Der Bund wird ebenso verpflichtet, in all seinen Aufgaben die Anliegen der Kantone, aus denen das Wasser stammt, zu berücksichtigen (BV 76 VI).

Energiepolitisch sollen sich Bund und Kantone gemäss BV 89 I für eine ausreichende, wirtschaftliche und umweltverträgliche Energieversorgung einsetzen. Auch hier soll der Bund Grundsätze für die Nutzung einheimischer und erneuerbarer Energien festlegen (BV 89 II).

Wasserrechtliche Fragen

Im Zusammenhang mit der Wasserkraftnutzung interessiert in erster Linie die Frage, wem das Wasser gehört. Im ZGB 664 sind Gewässer und Gletscher öffentliche Sachen und stehen in der Hoheit der Kantone. Die Kantone können selbst bestimmen, ob sie die mit dem Eigentum zusammenhängenden Rechte wahrnehmen oder an die Ortsgemeinden delegieren wollen. Solange die Nutzung allgemeinverträglich ist, (Fortsetzung von Seite 15) stehen die Gewässer im Gemeindegebrauch, also jedermann darf sie benutzen. Bei Sondernutzungen wie der Wasserkraftnutzung braucht es spezielle Bewilligungen und vor allem eine Konzession. In der Schweiz ist durch Nachweis Privateigentum an Gewässern oder Gletschern möglich, was zu zersplitterten Rechtsverhältnissen führt. So stehen z.B. Unter- und Oberaargletscher im Grimselgebiet im Privateigentum der Kraftwerke Oberhasli (KWO).

Konzessionen

Nach Artikel drei im eidgenössischen Wasserrechtsgesetz (WRG 3) kann ein Kanton die Wasserkraft selber nutzen, indem er zum Beispiel selber ein Kraftwerk betreibt. Dieses Recht kann er aber auch an Dritte verleihen. Häufig sind dies Firmen wie KWO oder BKW. Daraus entsteht ein sogenanntes Konzessionsverhältnis zwischen diesen zwei Partnern. Darin wird unter anderem geregelt, welche Wassermengen wo genutzt werden dürfen und auch wie viel Was-

Bezüglich Neubauten besteht die politische Tendenz, die über Jahrzehnte geschaffenen Natur- und Landschaftsschutzbestimmungen in den Gesetzen wieder zu lockern.

ser im Gewässer verbleiben soll (Dotierwassermenge). Des Weiteren werden Gebühren, Wasserzinsen, weitere Abgaben, sowie die Dauer der Konzession festgelegt. Eine solche Wasserrechtskonzession kann für maximal 80 Jahre verliehen, jedoch verlängert werden. Die lange Dauer rührt daher, dass der Stauanlagenbetreiber ein Interesse hat, seine hohen Investitionskosten zu amortisieren. Nach Auffassung des Referenten ist diese Dauer aber zu lange (Bütler, 2015, persönl. Mitteilung). Neue oder ändernde Gesetze müssen bei einer laufenden Konzession nicht vollständig angewendet werden. Der Konzessionär hat also eine starke Stellung und genießt den Schutz, der aus seiner Eigentümerstellung hervorgeht. Das führt zu heiklen Fragen. Zum Beispiel inwieweit ein bestehendes Wasserkraftwerk saniert werden muss, um die aktuellen Bestimmungen der Natur- und Umweltschutzrechte zu erfüllen.

In einer Konzession ist des Weiteren geregelt, in welchen Fällen diese verwirkt, wenn beispielsweise der Konzessionär seinen Pflichten nicht nachkommt. Das Gemeinwesen kann sich auch eine Rückkaufoption oder das Recht des Heimfalls sichern. Letzteres kommt am Ende einer Konzessionsdauer zum Zug und ermöglicht die Übernahme des Kraftwerkes durch die verleihende Behörde. Allerdings ist vorgängig zu prüfen, ob das für die Gemeinde oder den Kanton finanziell tragbar wäre.

Raumplanungs- und Umweltfragen

Der Umgang mit dem Boden wird gestützt auf BV 75 im eidgenössischen Raumplanungsgesetz geregelt. In den kantonalen Richtplänen werden unter anderem Stauanlagengebiete, Kraftwerke sowie Schutzgebiete definiert. Ein Kraftwerksprojekt muss aber auch im grundeigentümerverbindlichen Nutzungsplan detailliert geplant und festgelegt werden. Dabei gilt es, die verschiedenen Rechtsverhältnisse und Interessen zu berücksichtigen und zu koordinieren. Bei grossen Projekten ist der Bauherr verpflichtet, die Umweltverträglichkeit des Projektes nachzuweisen. Wichtige weitere Bewilligungen betref-

- das Recht für die Entnahme des Wassers insbesondere die Einhaltung angemessener Restwassermengen bei Fliessgewässern mit ständiger Wasserführung
- die Ausnahmegewilligung für den Bau ausserhalb der Bauzone und im Gewässerraum
- evt. Rodungsbewilligung
- Bewilligungen für technische Eingriffe in Fischgewässer

Als Kompensation für die Eingriffe in die Landschaft eines bewilligten Projektes werden gegebenenfalls Ersatz- und Ausgleichsmassnahmen angeordnet, welche für die Natur und Umwelt eine Verbesserung bringen. Bereits bestehende Kraftwerke haben verschiedene Sanierungspflichten umzusetzen. Im Fall einer wesentlichen Beeinflussung des Fliessgewässers durch Wasserentnahmen werden beispielsweise die Restwassermengen und das Schwall-Sunk-Verhältnis gesetzlich geregelt. Die Aufgabe der Kraftwerksbetreiber ist es, diesen Forderungen gerecht zu werden, die der Behörde ist es, die Gesetze durchzusetzen und zu kontrollieren.

Haftungs- und Verfahrensfragen

Beim Bau und Betrieb eines Kraftwerkes besteht die Gefahr von Unfällen aber auch von Dammbrüchen oder Naturgefahren, welche zu Schäden an Menschen und Anlagen führen können. Damit zusammenhängende Fragen werden im Stauanlagengesetz und in zusätzlichen Verordnungen geregelt. Die Haftung für Schäden an Werkanlagen regelt unter anderem die Werkeigentümerhaftung im Obligationenrecht (OR 58).

Das Verfahren für den Bau eines Wasserkraftwerkes gliedert sich in eine mehrstufige Umweltverträglichkeitsprüfung. Auf einer ersten Stufe steht das Konzessionsverfahren, in dem schon

Umweltfragen geprüft werden müssen. Die zweite Stufe bildet das Baubewilligungsverfahren nach kantonalem Recht. Die Behörde kann anschliessend ein Projekt bewilligen, eventuell Auflagen festlegen oder aber die Bewilligung verweigern. Betroffene Parteien und Umweltverbände können sich gegen einen Entscheid auf dem Rechtsmittelweg wehren.

Subventionen und Energiestrategie 2050

In letzter Zeit sind die Bemühungen verstärkt worden, einheimische erneuerba-

Im Zusammenhang mit der Wasserkraftnutzung interessiert in erster Linie die Frage, wem das Wasser gehört. Im ZGB 664 sind Gewässer und Gletscher öffentliche Sachen und stehen in der Hoheit der Kantone.

re Energien zu fördern. Neben der Wasserkraft zählen auch die Solar- und Windenergie, die Geothermie, die Biomasse und andere dazu. Das eidgenössische Energiegesetz sieht vor, dass für Anlagen bis 10 Megawatt eine Einspeisevergütung vom Staat geleistet wird. Die Betreiber werden durch Gelder unterstützt, um solche Anlagen zu bauen und zu betreiben. Die Einspeisevergütung ist allerdings umstritten. Es findet ein Kampf um Subventionen zwischen den verschiedenen Betreibern (Wasserkraft, Solarenergie etc.) statt. Alle beanspruchen einen möglichst grossen Anteil dieser Subventionen für sich. Hinzu kommt die neue umstrittene Energiestrategie 2050, welche nach dem Atomkraftwerkunglück in Fukushima 2011 vom Bund beschlossen wurde. Die Strategie verfolgt das Ziel des Ausstiegs aus der Nuklearenergie und den damit verbundenen Ausbau der erneuerbaren Energie. Derzeit wird diskutiert, ob die grossen Wasserkraftwerke (zurzeit nicht rentabel) auch mit Subventionen unterstützt werden sollen. Es gilt zwischen bestehenden Kraftwerkanlagen und allfälligen Neubauten zu unterscheiden. Bezüglich Neubauten besteht die politische Tendenz, die über Jahrzehnte geschaffenen Natur- und Landschaftsschutzbestimmungen in den Gesetzen wieder zu lockern. Es wird interessant, zu verfolgen, wie der Bundesrat die Energiestrategie 2050 mit Blick auf die Wasserkraftnutzung umsetzen will (Bütler, 2015, persönl. Mitteilung).

Die mageren Jahre in der Stromwirtschaft

Die Wasserkraftwerke bereiten der BKW Sorgen. Die tiefen Strompreise schmälern die einst satten Gewinne. Davon erzählt Andreas Stettler von der BKW am Geographischen Institut Bern.



Vom Hauptsitz aus werden die Geschicke der BKW gelenkt. Bild: Michael Scheurer

Von Sven Girod und Raphael Vomsattel

Die Wiege der BKW ist das Kraftwerk Hagneck, erbaut 1898. Als die Juragewässerkorrektion 1891 fertiggestellt wurde, ermöglichte der neue Hagneck-Kanal den Bau des Kraftwerks. Da es kaum Vorbildprojekte gab, galt das Wehr mit zusätzlichem Kraftwerk als ein sehr riskantes Unterfangen. Ur-

sprünglich bestand die Idee, ein Druckluftkraftwerk zu errichten. Kurz vor Baubeginn entschieden sich die Betreiber jedoch, ein Elektrizitätswerk zu bauen. Dies war allerdings mit vielen Unsicherheiten verbunden, da die Abnehmer des Stroms noch unbekannt waren. Noch im selben Jahr erstellte die Unternehmung in Spiez ein zweites Kraft-

werk. Dieses sollte insbesondere der Elektrifizierung der Burgdorf Thun Bahn (BTB) dienen. Im Jahre 1903 folgte der Zusammenschluss der beiden Pionierkraftwerke zu den Vereinigten Kander- und Hagneck-Werken. Schliesslich ging aus dieser Fusion 1909 die BKW hervor. In den kommenden Jahrzehnten erfolgten weitere Meilensteine für den Wasserkraftpark der BKW:

- Bau weiterer Kraftwerke zu Beginn des 20. Jahrhunderts: z.B. Kallnach und Kandergrund. Diese dienten oft der Elektrifizierung von Bahnen
- 1917-1920: Bau des Kraftwerks Mühleberg
- 1925: Gründung der KWO
- 60er-Jahre: Kraftwerke Aarberg und Niederried-Radelfingen
- 2000: Kraftwerk Aarberg wird mit dem *nature made star* ausgezeichnet

Die gegenwärtige Situation

Diverse Auszeichnungen und ökologische Verbesserungen wie Umgehungsgerinnen für Fische zeugen vom starken Einbezug der Umwelt-Aspekte in der Stromproduktion. Im Herbst 2015 wurde das neue Wasserkraftwerk Hagneck eingeweiht, welches an gleicher Stelle steht wie das alte Wehr aus dem Jahr 1898. Das alte Kraftwerk hatte diverse Mängel und musste insbesondere wegen der zu geringen Hochwasserabflusskapazität ausgebaut werden. Das neu erbaute Kraftwerk Hagneck gehört zu 50 Prozent der BKW und zu 50 Prozent den Bielersee Kraftwerken.

Im Jahr 2014 zählte die BKW rund 3'500 Mitarbeitende. Die Stadt Bern ist mit über 50 Prozent Hauptaktionärin des Unternehmens. Daneben gehören 10 Prozent der Groupe E, 6.65 Prozent sind im Besitz von EON und 8.35 Prozent befinden sich im Privatbesitz. Die übrigen Prozente verteilen sich auf kleinere Aktionäre. Innerhalb der BKW genießt die Wasserkraft immer noch einen hohen Stellenwert. Daneben betreibt die BKW aber zahlreiche andere Produktionsstätten in der Schweiz. Insgesamt ist

die Unternehmung an 36 Wasserkraftwerken in der Schweiz beteiligt, wobei sich 9 Kraftwerke im Vollbesitz der BKW befinden und die restlichen mit Partnerwerken zusammen betrieben werden. Neben der Wasserkraft besitzt die BKW Anteile am Kernkraftwerk Leibstadt. Das KKW Mühleberg, welches 2019 vom Netz gehen soll, befindet sich hingegen im Vollbesitz der BKW. Ausserdem betreibt die BKW alleine oder durch Beteiligungen in der Schweiz 14 Sonnenenergie-Anlagen, den Windpark Juvent sowie 15 weitere Kraftwerke, die aus Biomasse und Wärmeenergie Elektrizität erzeugen. Der BKW geht es, nicht zuletzt durch dieses breit gefächerte Angebot, finanziell sehr gut. Auch der Handel und der hohe Anteil an Endkunden, welche den Anbieter nicht wählen können und somit den von der BKW festgesetzten Preis bezahlen müssen, sind Gründe für die finanzielle Stabilität der BKW. Der Gewinn der BKW im Bereich der Wasserkraft wurde vor allem aufgrund des niedrigen Strompreises in Europa zuletzt etwas geschmälert.

Beteiligungen der BKW in der Schweiz

Die Beteiligungen an Schweizer Kraftwerken, über welche die BKW verfügt, gehen auf die Gründungszeit des Unternehmens zurück. Sie dienen vor allem der Risikominimierung und -verteilung. Drei Gedanken aus den Anfängen der BKW:

- Oft fehlte das notwendige Geld für den Bau von kapitalintensiven Anlagen. In den meisten Fällen verfügte der Einzelne nicht über genügend Geld und deshalb konnten durch Beteiligungen an anderen Kraftwerken die Kosten aufgeteilt werden.
- Finanzielle Risiken infolge Schäden und Unfällen waren hoch und konnten dadurch verteilt werden.
- Aufgrund unterschiedlicher topografischer und hydrologischer Gegebenheiten, welche unter anderem die Niederschläge bestimmen, ist eine räumliche Verteilung für Kraftwerkbetreiber sinnvoll. Somit verfügen diese stets über Standorte mit laufender Produktion.

Beteiligungen bringen aber auch Nachteile mit sich. Vor allem die besondere Situation einer 50-50-Beteiligung kann gewisse unternehmerische Hemmnisse zur Folge haben.

Mit der Wasserkraft hat die BKW zuletzt finanzielle Verluste eingefahren.

KEV-Kraftwerke

Die Kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) besteht seit 2008. Damit werden erneuerbare Energien und Kleinwasserkraftwerke bis 10 MW staatlich unterstützt. Aufgrund der geringen Wirtschaftlichkeit wurden in der Schweiz bisher nur wenige Kleinwasser-

Andreas Stettler

Andreas Stettler ist seit 2008 Leiter der hydraulischen Kraftwerke der BKW. Zuvor hat er ein Ingenieurstudium absolviert und war im Fahrzeug- wie auch im Maschinenbau tätig. In seiner Funktion bei der BKW besetzt Stettler wichtige Funktionen und Mandate im Bereich der Wasserkraft. Er ist beispielsweise Verwaltungsratsmitglied der Kraftwerke Oberhasli, Vizepräsident des Verwaltungsrats der Engadiner Kraftwerke und nimmt den Vorsitz bei der Kommission für Wasserkraft Hydrosuisse ein.

kraftwerke realisiert, obwohl sie Potential hätten. Dank den Subventionen der KEV baut die BKW aktuell an diversen Kraftwerken im Simmental, an der Emme, im Haslital und auch in Savognin. Grundsätzlich erachtet die BKW die Subvention von Kraftwerken allerdings nicht als sinnvoll. Die gut operierenden Stromkonzerne sollten selbständig im Markt überleben und Investitionen tätigen können.

Aus- und Neubau von Grosskraftwerken

Grosskraftwerke bekommen keine KEV und haben aufgrund der tiefen Strompreise momentan eine geringe Wirtschaftlichkeit. Deshalb wird aktuell kaum in Grosswasserkraftwerke investiert. Am Inn in der Gemeinde Martina wird dank Subventionen durch den Bund trotzdem an einem Grosskraftwerk gebaut, an welchem die BKW beteiligt ist. Dieses Kraftwerk soll dereinst dazu beitragen, dass der Schwall-Betrieb erheblich gedämpft werden

kann, weswegen dieses Projekt gefördert wird. Alle anderen grösseren Bauvorhaben in der Schweiz liegen derzeit aber auf Eis, darunter auch Projekte der BKW.

Für Grosskraftwerke ist es Pflicht, Vorkehrungen im Bereich der Ökologie zu treffen. Eine dieser Massnahmen ist der Bau von Ausgleichsbecken. Durch eine erhöhte Leistung entstehen grössere Abflüsse und ausgeprägtere kurzfristige Abflussschwankungen. Diese können den Unterlauf der Gewässer beschädigen. Die BKW konnte zum Beispiel in Innertkirchen ein Ausgleichsbecken realisieren. Der limitierende Faktor beim Bau von Ausgleichsbecken ist oftmals der verfügbare Platzbedarf im Tal.

Die Idee der Pumpspeicherung ist die Stromproduktion zu Zeiten mit einem niedrigen Stromangebot und einem hohen Strompreis. Durch den Bau eines Unterbeckens kann zusätzlich Wasser bei hohem Stromangebot und tiefen Strompreisen vom Unterbecken in den Stausee zurückgepumpt werden. Durch diesen Speicher wird Energie in Zeiten mit tiefem Stromangebot produzierbar. Aktuell ist aber auch dieses Segment der Wasserkraft vom tiefen Strompreis und speziell von der geringen Differenz zwischen günstigem und teurem Strom betroffen. Dies schmälert die Wirtschaftlichkeit der Pumpspeicherkraftwerke zusätzlich.

Die Wirkungsgrade der Pumpspeicherkraftwerke sind mit zirka 80 Prozent deutlich geringer als bei normaler Turbinierung mit rund 96 Prozent. Trotzdem werden gegenwärtig noch zwei grössere Pumpspeicherwerke in der Schweiz gebaut (Linth-Limmern und Nant de Drance). Diese sind aber aus heutiger Perspektive in den nächsten Jahren nicht rentabel.

Wenn dereinst die Gletscher fehlen

Die Gletscherschmelze wird von den Wasserkraftbetreibern als eine Chance und zugleich als eine Gefahr wahrgenommen. Durch das Abschmelzen der Gletscher erleben wir zurzeit eine Gunstphase. Heute profitieren wir in der Schweiz vom Schmelzwasser. Doch dies birgt für die Wasserkraft neben den vielen Potenzialen auch Gefahren. Einerseits wird das zusätzliche Schmelzwasser der Gletscher gerne genutzt. Deshalb plant beispielsweise die BKW im Moment die Erstellung eines Speichersees beim Triftsee. Damit könnte der erhöhte Energiebedarf im Winter besser mit Wasserkraft gedeckt werden. Andererseits geht man bei Investitionen gewisse Risiken ein. Der Standort für eine Tal-

sperre ist sehr bedeutend und muss mit Bedacht gewählt werden. Der Fokus muss insbesondere auf die Vergletscherung der Einzugsgebiete gelegt werden. Füllt sich der See nach dem Abschmelzen der Gletscher durch die Klimaerwärmung nicht mehr auf, wurde die Infrastruktur falsch dimensioniert. Eine weitere problematische Situation betrifft das Geschiebe und die Sedimentablagerungen. Dieses sammelt sich an ungünstigen Orten und kann die Turbinen sowie die Infrastruktur stark beschädigen und damit Auswirkungen auf den ökologischen Gewässerraum ausüben. Ein solches Ereignis passierte 2013 am Lago di Livigno, wo eine Mischung aus Sedimenten und Wasser den Fluss Spöl überflutete. Insgesamt geht die BKW von einem grossen Aufwand für die Instandstellung der Anlagen und Infrastruktur aus, welche durch direkte und indirekte Einflüsse der Gletscherschmelze hervorgerufen werden. Im Moment investiert die Wasserkraftbranche allerdings nicht in neue Kraftwerke, welche nicht subventioniert werden. Die BKW gibt beispielsweise an, dass sie die Entscheide des Bundes über die Energiestrategie 2050 zuerst abwarten will und erst danach können weitere Investitionen zum Thema werden.

Wirtschaftlichkeit

Im Jahr 2008 ging es den Wasserkraftbetreibern finanziell gut. Die Preise für den Strom waren hoch und die Wasserkraft rentabel. Kantone und Gemeinden wollten von diesen günstigen Rahmenbedingungen profitieren: Rasch wurden die Wasserzinsen angehoben. Heute erinnern nur noch sie an diese ökonomische Gunstphase. Trotz des aktuell tiefen Strompreises müssen nämlich die 2008 erhöhten Wasserzinsen, ausser im Kanton Bern, von den Wasserkraftwerken vollumfänglich bezahlt werden. Mit 43 Prozent der Ausgaben an einem Kraftwerk der BKW geht der grösste Anteil an den Staat. Die Betriebskosten, also der Anteil der Kosten, welche die Kraftwerke direkt beeinflussen können, machen lediglich 18 Prozent der Ausgaben aus.

Ebenfalls um das Jahr 2008 verlangten die Umweltorganisationen, dass die Restwassersanierungen angesichts der komfortablen Lage der Wasserkraftwerke endlich umgesetzt werden müssen. Diese Pflichten waren 1997 festgelegt worden und sollten innerhalb von maximal 15 Jahren getätigt werden. Allerdings sagt das Gesetz, dass diese Sanierung nur soweit getätigt werden müssen, wie sie finanziell tragbar sind

(BUWAL 1997:46). Wegen dieser Gesetzesbestimmung können heute kaum Sanierungen durchgesetzt werden.

Wirtschaftlichkeit und Photovoltaik

Die Rolle der Wasserkraft in der Zukunft ist schwierig zu beurteilen. Einerseits werden heute und in Zukunft erneuerbare Energiequellen von der öffentli-



Die Bernische Kraftwerke Energie AG (BKW) ist ein international tätiges Energieunternehmen mit knapp 3'500 Mitarbeitenden. Sie bezeichnet sich als eine der führenden Energiedienstleisterinnen der Schweiz und hat das landesweit grösste Verteilnetz, welches rund eine Million Menschen mit Strom versorgt. 2006 produzierte die BKW 66'180 GWh Strom für Unternehmen, Privatkunden und die Öffentlichkeit. Der Anteil der Wasserkraft an der total generierten Elektrizität der BKW macht beinahe 60 Prozent aus (BKW 2015:2).

chen Hand stark gefördert. Staatliche Subventionen für die Photovoltaik in den umliegenden Ländern haben Auswirkungen auf die Wasserkraft hierzulande. Durch diese Beihilfe sieht sich die Wasserkraft in einer Konkurrenzsituation mit den anderen erneuerbaren Energien und muss sich an die gegebenen Marktbedingungen anpassen. Mit der Photovoltaik wird besonders über Mittag Energie ins Stromnetz eingespiesen. Dies hat unmittelbare Folgen für die Wasserkraftwerke. Über die Mittagszeit werden die Wasserkraftwerke keine Rentabilität mehr haben, weil zu dieser Zeit von der Photovoltaik viel Energie erzeugt wird und dadurch ausreichend Strom vorhanden ist. Der Markt ist deshalb über Mittag gesättigt und Laufwasserkraftwerke produzieren Strom, dessen Preis unter den Gestehungskosten liegt. Als Chance sieht die BKW den Einsatz von Batterien. Diese könnten die

Tagesmaxima am Mittag speichern und so über den Tag ausgleichen. Über das Jahr sieht dies anders aus. Batterien können die Lücke im Winter nicht füllen und andere Technologien müssen zum Tragen kommen.

Heimfall

Eine weitere Veränderung betrifft den Heimfall der Wasserkraftwerke. Die Konzessionen sind auf maximal 80 Jahre befristet und demnach laufen in naher Zukunft einige dieser Berechtigungen zur Nutzung der Gewässer aus. In der Schweiz sind grundsätzlich die Kantone Eigentümer der Gewässer, abgesehen von den Kantonen Graubünden und Wallis, wo die Gemeinden diese Stellung innehaben. Im Kanton Wallis verbreitet sich die Idee, dass nach dem Heimfall die Gemeinden sowie die Kantone zusammen mindestens 60 Prozent der Aktien besitzen wollen. Über die restlichen Anteile soll nach deren Vorstellung ein Unternehmen verfügen. Die BKW steht dem kritisch gegenüber. Sie stellt die Frage, wer bei Schadensfällen die Haftung und Kosten übernimmt. Die BKW bezweifelt, dass dies im Rahmen des Gemeindebudgets liegt.

Mehrfachnutzung

Neben Fragen betreffend des Heimfalls und der Rentabilität in Zukunft werden der Wasserkraft durch die Mehrfachnutzung vielversprechende Möglichkeiten und Potenziale in Aussicht gestellt. Die bestehende Infrastruktur der Wasserkraftwerke könnte zum Beispiel entsprechend umgestaltet und konzipiert werden, damit diese einen Teil zum Hochwasserschutz oder zu Erholungsräumen beitragen.

Trotz der momentan düsteren Aussichten wird der Wasserkraft auch in der Energiestrategie 2050 eine tragende Rolle zugesprochen. Die Rede ist von einem Ausbau der Wasserkraft von rund 2 bis 3 TWh, an welchem sich auch die BKW beteiligen wird, beispielsweise mit dem möglichen Projekt Triftstaumauer sowie Effizienzerhöhungen in bestehenden Projekten. Sollte es der Wasserkraft durch höhere Strompreise wieder besser gehen, werden auch Projekte, wie das derzeit sistierte Projekt Grimsel 3, wieder zum Thema.

Auszeichnungen und ökologische Verbesserungen wie Umgehungerinnen für Fische zeugen vom starken Einbezug der Umwelt-Aspekte in der Stromproduktion.

Bricht das Rückgrat der St

Die Wasserkraft steckt in einer Krise. Sie rentiert nicht, obwohl sie das Geschäftsberichte zeigt, wie die Unternehmen damit umgehen. Manche

Von Darius Brockhaus, Thomas Kopp, Lucas Pfister

Tiefe Gas- und Kohlepreise, der nicht funktionierende Handel mit CO₂-Zertifikaten in der EU und eine zeitweise Strom-Überproduktion durch Photovoltaik führen zu einem Zerfall der Strompreise in Europa. Zudem setzen die Subventionen neuer erneuerbarer Energien im In- und Ausland die Wasserkraft in der Schweiz unter Druck.

Vor diesem Hintergrund gilt es aufzuzeigen, wie die Schweizer Stromproduzenten diese Krise der Wasserkraft wahrnehmen und welche Strategien sie verfolgen, um trotz dieser schwierigen Situation zu bestehen, beziehungsweise welche Lösungsansätze für die aktuellen Probleme sie fokussieren. Zu diesem Zweck wurden die öffentlich einsehbaren Geschäftsberichte von ausgewählten Schweizer Stromunternehmen für den Zeitraum 2011 bis 2014 analysiert.

Untersuchte Stromproduzenten

Die Auswahl aus den fünf grössten Schweizer Stromproduzenten erfolgte in erster Linie nach dem Kriterium, wie aussagekräftig die aktuellen Geschäftsberichte bezüglich der Wasserkraft waren. Dabei ergaben sich für die Untersuchung die drei Unternehmen Repower, Alpiq und Axpo. Um die Bedeutung der Wasserkraft für diese Unternehmen abschätzen zu können, wurde als erstes der Strommix betrachtet. Wie auf der Abbildung auf Seite 21 ersichtlich, besitzt Repower von den drei Unternehmen anteilmässig am meisten Wasserkraft an der Gesamtproduktion (rund 61

Prozent). Die Axpo verfügt im Vergleich über einen Anteil von nur 18 Prozent. Aus diesem ersten Überblick stellt sich die Frage, ob sich die erwähnte Krise bei Unternehmen mit höherem Wasserkraftanteil stärker bemerkbar macht. Dieser Zusammenhang bestätigt sich für die ersten beiden Unternehmen, Repower und Alpiq: Mit steigendem Anteil der Wasserkraftproduktion sank der Umsatz. Dieses Muster zeigt sich bei der Axpo hingegen nicht. Für eine erste Interpretation sind diese quantitativen Analysen somit zwar hilfreich, jedoch lässt sich gerade am Beispiel der Axpo zeigen, dass der Umsatz eindeutig auch von anderen Faktoren beeinflusst wird.

Haltungen

Aus dem Wortlaut der Geschäftsberichte lassen sich die Haltungen der untersuchten Unternehmen bezüglich der Krise der Wasserkraft herauslesen. Der quantitative Anteil an Aussagen über die Wasserkraft entspricht im Wesentlichen deren Bedeutung für die Stromproduktion der jeweiligen Unternehmen (Abbildung unten). Demensprechend ist im Geschäftsbericht der Repower die Wasserkraft im Vergleich zu den anderen beiden Unternehmen häufiger vertreten. Inhaltlich unterscheiden sich die Haltungen der Unternehmen aber stark. Dies zeigt sich in der folgenden Tabelle, die als Grobzusammenfassung der aktuellsten Geschäftsberichte (2014) bezüglich der Wasserkraft zu verstehen ist.

Auch wenn die Wasserkraft im Strommix der Alpiq und Axpo eine geringere Rolle spielt als dies bei der



Kohlestrom und Windparks im Ausland setzen d

Repower der Fall ist, anerkennen die beiden Unternehmen die hohe Bedeutung der Wasserkraft und betiteln sie als „Rückgrat“ (Alpiq Holding, 2015: 16) und „wichtiges Standbein“ (Axpo Holding, 2015: 5). Für Repower ist die Wasserkraft nicht nur in ihrer eigenen Produktion, sondern generell die „wichtigste Energiequelle“ und „zentral für die Energiewende 2050“ (Repower, 2015: 2). Trotz der hohen Bedeutung der Wasserkraft hat Repower jedoch keine expliziten Massnahmen zur Linderung der Krise unternommen und ist daher als passive Akteurin zu sehen. Im Gegensatz dazu beteiligen sich die Alpiq, die sich selbst als „Retterin der Wasserkraft“ (Alpiq, 2015:16) bezeichnet und die Axpo in Form von Investitionen (Axpo, 2015:7) aktiv für verbesserte Marktbedingungen und gesicherte Rentabilität, was bei sämtlichen Unternehmen als Voraussetzung für den Erfolg und damit für die Überwindung der Krise genannt wird (Repower, 2015: 2;

	REPOWER	ALPIQ	axpo
Aktuelle Bedeutung der Wasserkraft	wichtigste Energiequelle zentral für Wende „Rückgrat“	„Rückgrat“	„wichtiges Standbein“
Massnahmen/Forderungen	Rekordproduktion keine expl. Massnahmen	aktiv: „Retter“ Einfluss Politik	aktiv: Investitionen sofern rentabel
Voraussetzung für Erfolg der Wasserkraft	Rentabilität Preissteigerung Marktbedingungen	Rentabilität Preissteigerung Marktbedingungen	Rentabilität Preissteigerung Marktbedingungen

Zusammenfassung der Unternehmensaussagen zur Wasserkraft. Grafik: Autoren

Stromversorgung?

Rückgrat der Schweizer Stromversorgung ist. Ein Blick in die Ge-
intensivieren etwa das Lobbying „für die Rettung der Wasserkraft“.



Strommarkt hier zu. Bild: Crux/Wikimedia

Alpiq Holding, 2015: 20; Axpo Holding, 2015: 6).

Strategien

Angesichts der für die Wasserkraft schwierigen Marktbedingungen sind die Stromunternehmen gezwungen, zu handeln. Im folgenden Abschnitt wird auf die Strategien eingegangen, welche die Schweizer Stromunternehmen angesichts der aktuellen Situation verfolgen. Der Fokus liegt dabei auf dem Umgang mit der Wasserkraft, beziehungsweise den vorhandenen Wasserkraftwerken. Es werden konkrete Massnahmen bei der Stromproduktion, öffentlichkeitswirksames und politisches Engagement, sowie auch übergeordnete Anpassungen der Unternehmens-Strategien an die aktuelle Situation erläutert. Viele Stromunternehmen reagieren auf die niedrigen Strompreise, indem sie versuchen, die Betriebskosten der Stromproduktion durch Wasserkraft zu senken und die Effizienz zu steigern (Alpiq Holding,

2015: 13; Axpo Holding, 2015: 7; BKW Gruppe, 2015a: 18). Dies bedeutet, dass die Wasserkraftwerke weniger in Betrieb gesetzt werden, um so den Anteil dieser nicht kostendeckenden Stromproduktion zu vermindern. Beispielsweise nutzt Alpiq die schlechte Marktlage, um grössere Revisionsarbeiten an den Wasserkraftwerken durchzuführen (Alpiq Holding, 2015: 13).

Die Stromunternehmen halten dennoch zur Wasserkraft. Der Bau von neuen Wasserkraftwerken beschränkt sich allerdings auf die staatlich subventionierten Kraftwerkstypen, nämlich Kleinwasserkraftwerke und Pumpspeicherkraftwerke, wie sie auch mit den Forderungen der Energiestrategie 2050 übereinstimmen (Ebd.: 20; BKW Gruppe, 2015a: 13). Bei der Grosswasserkraft sieht die Situation anders aus. Es werden lediglich die bereits im Bau befindlichen Projekte umgesetzt - neue Bauprojekte liegen auf Eis (Alpiq Holding, 2015: 20; Repower, 2015: 11). Bei einer Verbesserung der Marktlage zeigen sich die Unternehmen aber gewillt, wieder in grössere Kraftwerke zu investieren (Repower, 2015: 11).

Im Zusammenhang mit Lösungsansätzen für die Krise der Wasserkraft wird die Politik sehr oft erwähnt. Die aktuelle Diskussion um die Energiestrategie 2050 der Schweiz steht dabei meistens im Zentrum. Die Stromunternehmen fordern, dass in dieser Energiestrategie die Grosswasserkraft stärker berücksichtigt wird und Lösungen zur Verbesserung der aktuellen Situation erarbeitet werden (Repower, 2015: 10). Die Meinung über mögliche Lösungsansätze geht jedoch in Richtung einer liberaleren Stromproduktion, beziehungsweise eines liberalen Strommarktes und weniger in Richtung staatlicher In-

terventionen (Alpiq Holding, 2015: 9; Axpo Holding, 2015: 6).

Während sich die Repower als kleinstes der untersuchten Unternehmen nicht in der Lage sieht, aktiv in den politischen Prozess einzugreifen (Repower, 2015: 10), versucht beispielsweise das grössere Unternehmen Alpiq, sich durch Lobbying „für die Rettung der Wasserkraft einzusetzen“ (Alpiq Holding, 2015: 16) und so den politischen Willen zur Unterstützung der Wasserkraft zu fördern.

Die Stromproduzenten sind bemüht, ihre Unternehmensstrategien an die aktuelle Marktlage anzupassen. Einerseits wird europaweit viel in die neuen erneuerbaren Energien investiert; die stark subventionierten Windkraftwerke und Photovoltaikanlagen sind bei den Stromproduzenten hoch im Kurs (Alpiq Holding, 2015: 23; Axpo Holding, 2015: 7f; BKW Gruppe, 2015a: 13). Allerdings wird aufgrund der tiefen Kohlepreise und der billigen CO₂-Zertifikate in der EU auch viel in Kohlekraftwerke investiert (Alpiq Holding, 2015: 27).

In organisatorischer Hinsicht werden die strategischen Ausrichtungen der Unternehmen ebenfalls angepasst. Die Grundrichtung bewegt sich weg von der aufgrund schwankender Strompreise finanziell riskanten Produktion hin zu Handel, Dienstleistungen und Beteiligungen an Stromnetzen (ebd.: 19; BKW Gruppe, 2015a: 29ff). Beteiligungen an strategisch weniger bedeutenden Wasserkraftwerken werden verkauft (Alpiq Holding, 2015: 150). Die Wertschöpfung wird mehr ins Ausland verlagert (Axpo Holding, 2015: 5). Zudem werden auch vermehrt neue Sektoren im Energiegeschäft, wie beispielsweise E-Mobilität bewirtschaftet (Alpiq Holding 2015: 26).



Strommix der ausgewählten Stromunternehmen. Grafik: Autoren des Textes

Europa dirigiert — die Schweiz

Obwohl die Schweiz gerne als Wasserschloss oder Batterie Europas bezeichnet wird, sinken die Preise für Elektrizität, hat die Schweiz nicht viel zu melden. Der

Von Tobias Wechsler, Mirjam Müller

Die Wasserkraft macht in der Schweiz mit knapp 60 Prozent einen grossen Teil der Gesamtstromerzeugung aus. Doch obwohl die Schweiz als Wasserschloss oder „Batterie Europas“ betitelt wird, ist sie weder anteilmässig noch mengenmässig Europas grösste Hydroelektrizitätsproduzentin (siehe Abbildung).

Das Ausbaupotential von Wasserkraftanlagen innerhalb der Schweiz ist grösstenteils ausgeschöpft und allfällige neue Speicherkraftwerke werden gegenwärtig aus ökonomischer Perspektive verworfen. Dies hängt massgeblich mit den Mechanismen des europäischen Strommarktes zusammen. Die Faktoren, welche den Strompreis und somit die Rentabilität von Schweizer Wasserkraft beeinflussen, werden im Folgenden erklärt.

Schweizer Wasserkraft innerhalb der Energiewirtschaft Europas

Der Preis des Stroms von Schweizer Wasserkraftwerken setzt sich aus den Gestehungskosten (rund 40 Prozent), der Verteil- und Übertragungsnetzkosten (etwa 51 Prozent), sowie staatlichen Abgaben (Steuern zirka 3 Prozent und KEV ungefähr 6 Prozent) zusammen. Innerhalb der Gestehungskosten machen in der Wasserkraft vor allem der

Finanzaufwand und die Wasserzinsen einen Grossteil der Kosten aus (Abbildung Seite 23 u.). Dieser Aufwand ist höher als bei anderen Kraftwerkstypen. Dafür fallen bei der Wasserkraft abgesehen von den Pumpspeicherkraftwerken keine variablen Kosten an.

Grosskunden mit einem jährlichen Stromverbrauch von über 100 Megawattstunden (MWh) haben in der Schweiz seit 2007 Zugang zum freien Markt. Durch diese Teilmarktöffnung ist rund 1 Prozent der Stromkonsumenten frei und kann 47 Prozent des Strombedarfs vom freien Markt, das heisst von den europäischen Energie- und Strombörsen, beziehen. Alle übrigen Stromkonsumenten haben die Gestehungskosten sowie die staatlichen Abgaben zu bezahlen.

Der Strompreis auf dem freien Markt wird durch die Merit-Order festgelegt. Diese führt dazu, dass die Kraftwerke mit den tiefsten Gestehungskosten als erstes ans Netz angeschlossen werden. Jene Kraftwerke mit den höchsten Gestehungskosten werden als letztes, beziehungsweise erst wenn die Nachfrage gross genug ist, angehängt und legen somit den Marktpreis fest. In der Abbildung auf Seite 23 oben wird diese Festlegung illustriert. Wasser-, Wind-, Solar- und Kernkraft haben die geringsten Ge-

stehungskosten, womit diese als erstes ans Netz angehängt werden. Ab rund 34 Gigawatt (GW) benötigter Leistung werden nun Kohlekraftwerke zugeschaltet. Auf der erwähnten Abbildung liegt der Elektrizitätspreis eines Kohlekraftwerks bei rund sechs Cents pro MWh.

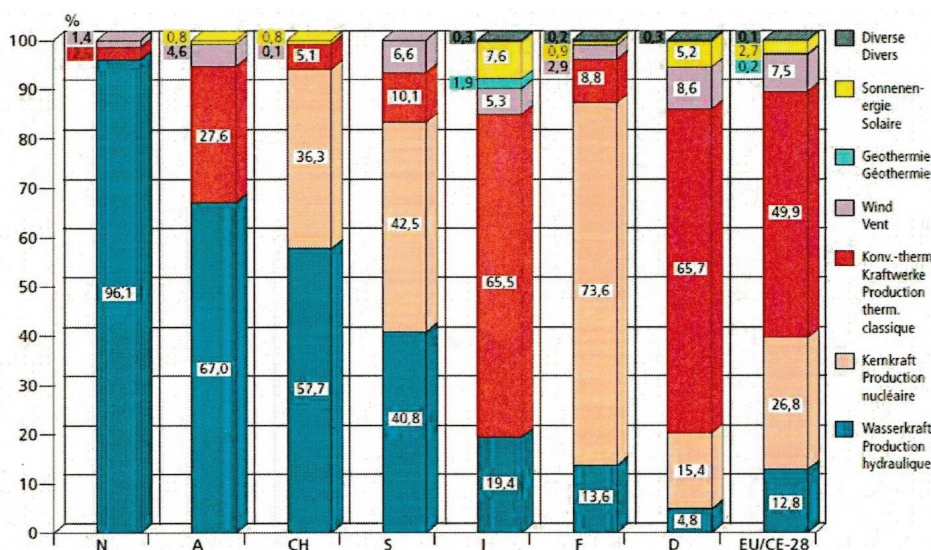
Dieser Mechanismus beeinflusst den Strompreis in der Schweiz massiv. Es wurde erhoben, dass das preissetzende Kraftwerk (siehe „electricity price“ Abbildung) praktisch nie ein inländisches ist und dass die Anzahl Stunden, an denen Schweizer Wasserkraftwerke rentabel betrieben werden können, seit 2008 abnehmen.

Die Merit-Order ist allerdings nicht fix, sondern von verschiedenen Fakto-

Es wurde erhoben, dass die Anzahl Stunden, an denen Schweizer Wasserkraftwerke rentabel betrieben werden können, seit 2008 abnimmt.

ren abhängig, welche dieses Marktdesign beeinflussen. Wichtige Beispiele hierzu sind der Kapazitätsmechanismus, welcher Kraftwerke dazu auffordert, strategische Reserven anzulegen, die einer Abnahmegarantie unterliegen oder Subventionen zur Förderung spezifischer Kraftwerkstypen. Solche Eingriffe in den freien Markt sind meist politisch bedingt und dienen der Versorgungssicherheit oder der Förderung von erneuerbaren Energien. Sie haben den Effekt, dass die Merit-Order gekappt wird, was zu einem Preisdruck auf Kraftwerkstypen führt, welche nicht von diesen Mechanismen begünstigt werden.

Zusätzlich gibt es noch eine ganze Reihe anderer Grössen, welche den Strompreis beeinflussen und zu einer zusätzlichen Belastung der Wasserkraft führen können. Ein wichtiger Faktor ist die Kapazität der Übertragungsleitungen zwischen den einzelnen Ländern. Je mehr billiger Strom vom Ausland in die



Produktionsstruktur einiger Länder Europas. Grafik: Pascal Hänggi (Präsentation)

nweiz tanzt

zeichnet wird, ist sie ein kleiner Player. Denn wenn im Ausland die Geograph Pascal Hänggi erzählte davon am Geographischen Institut.

Schweiz transportiert werden kann, desto weniger inländischer Strom kann zu guten Preisen verkauft werden. Im Gegenzug profitiert die Schweiz bei Nachfragespitzen aber beim Export von teurem Strom aus ihren Speichern.

Ein weiterer Aspekt ist die Stromnachfrage, welche in den vergangenen Jahren kaum zugenommen hat. Die Gründe: schwaches Wirtschaftswachstum in Europa und der Zubau von dezentralen Systemen. Zusätzlich ist die Nachfrage stark durch die Witterung und den Rhythmus der Bevölkerung bedingt, was zu Schwankungen in der Grössenordnung von Minuten bis Jahren führt. Diese Schwankungen können mit flexiblen und grossen Speichern abgefangen werden. Grosse Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke können einen Beitrag dazu leisten. Batterien stellen allerdings vermehrt eine Konkurrenz dar. Die Entwicklung weist in die Richtung eines effizienteren und flexibleren Gebrauches von Batterien gegenüber Pumpspeicherkraftwerken. Zudem ist deren Bau mit einem kleineren finanziellen Aufwand und geringem Eingriff in die Landschaft verbunden.

Dann spielen auch die Kosten für fossilen Brennstoffe eine wichtige Rolle. Momentan ist ein weltweit steigendes Kohle-, Öl- und Erdgasangebot zu verzeichnen, was zu sinkenden Preisen führt. Dies hält die variablen Kosten der thermischen Kraftwerke tief. Hinzu kommen Emissionszertifikate, welche beim Ausstoss von klimafeindlichen Emissionen erworben werden müssen, viel zu günstig erworben werden können. Es scheint, dass sich die Wasserkraft, trotz ihrer Klimafreundlichkeit, auch hier nicht im Vorteil liegt

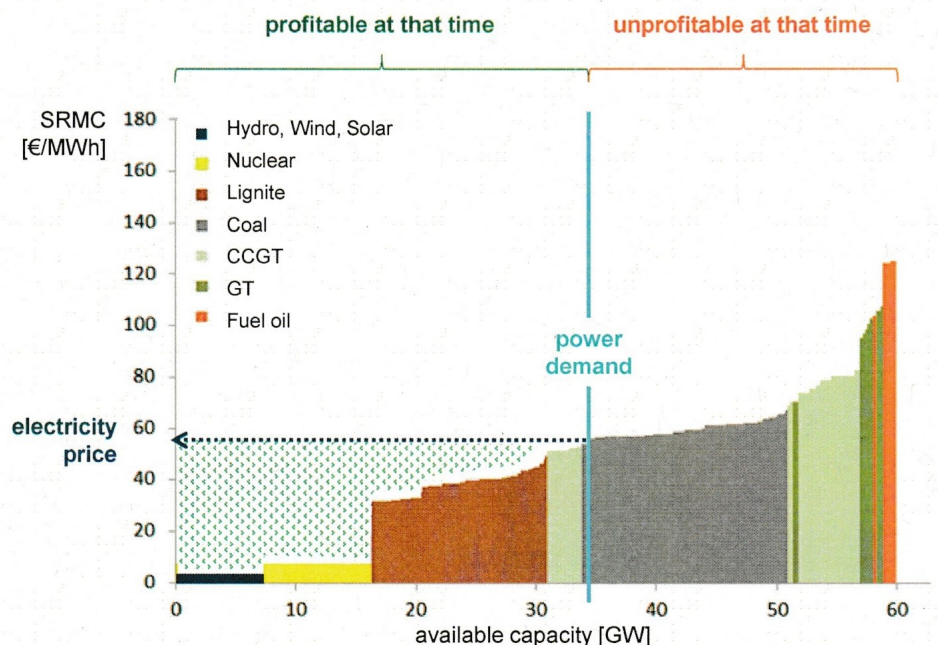
Fazit für die Schweizer Wasserkraft

Die meisten Einflussgrössen, welche den Strompreis im Grossstromhandel beeinflussen, wirken sich in der aktuellen Wirtschaftslage negativ auf die Rentabilität der Schweizer Wasserkraft aus. Diese Entwicklung ist hauptsächlich durch wirtschaftliche Tendenzen in Eu-

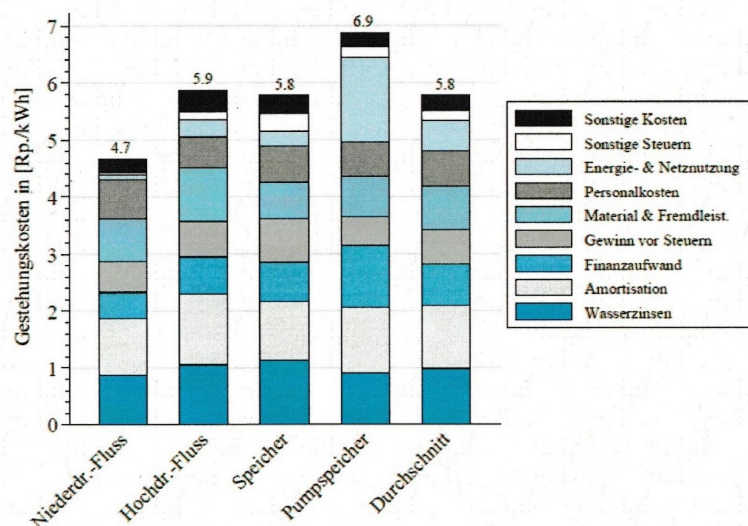
ropa bedingt und daher aus der Schweiz kaum beeinflussbar.

Es gibt indes Faktoren, welche durch die betroffenen Akteure sehr wohl beeinflussbar sind und für ein erfolgreiches Bestehen in Zukunft auch ändern müssen. Auf der einen Seite müssen Wasserkraftwerke ihre Betriebskosten weiter optimieren. Die Stromkonzerne

müssen flexibler werden und ihre Märkte vergrössern. Durch flexiblere Anlagen können grössere Gewinne am Intra-Day-Handel und im Systemdienstleistungsmarkt erzielt werden. Eine wegweisende Rolle nimmt ausserdem die Politik ein. Besonders für die neue Verhandlung der Wasserzinse muss ein gutes Modell gefunden werden, welches we-



Merit-Order und Profitabilität von Kraftwerken. Bild: Pascal Hänggi (Präsentation)



Gestehungskosten von Wasserkraftwerken in der Schweiz. Grafik: Pascal Hänggi

Steht die Energiestrategie

Auf die Atomkraftwerke verzichten und gleichzeitig die CO₂-Emissionen vom Verein swisselectric. Er sieht die Energiestrategie 2050 des Bundes

Von Louise Bruchez, Ariane Jedelhauser und Tanja Reinmann

Die Debatte über die Energiewende ist in Europa und in der Schweiz spätestens mit dem Reaktorunfall in Fukushima 2011 neu entbrannt. Auch anderswo in der Welt wird darüber diskutiert, wie man den Energiehunger der Welt mit nachhaltig und erneuerbar produzierter Energie stillen könnte. Und trotzdem: Weltweit steigt der Energieverbrauch ungebrems an und dies vor allem basierend auf fossilen Energieträgern.

Wie die zahlreichen Energiestrategien in den verschiedenen Ländern umgesetzt werden, ist dabei individuell. Denn jedes Land hat seine eigenen Herausforderungen zu meistern. Die Bestrebungen in Deutschland etwa, dessen Stromproduktion zum grossen Teil auf Kohle basiert, zielen auf die Förderung der erneuerbaren Energien und die Reduktion des Pro-Kopf-CO₂-Ausstosses ab. In der Schweiz hingegen beträgt der CO₂-Ausstoss pro Kopf halb so viel wie in Deutschland. Bei der CO₂-Reduktion übernimmt die Schweiz dennoch teilweise die deutsche Strategie.

Der Schweizer Stromverbrauch beläuft sich aktuell auf etwa 57 Terawattstunden (TWh) pro Jahr. Ungefähr 40 Prozent davon werden in Kernkraftwerken produziert und 60 Prozent stammen aus Wasserkraft und erneuerbaren Energien. Nach der Nuklearkatastrophe von Fukushima hat die Schweizer Regierung beschlossen, aus der Kernenergie auszusteigen. Um den Energieanteil der Atomkraft zu kompensieren, müssen neue Energiequellen erschlossen werden, wobei der Bund hauptsächlich die Förderung der erneuerbaren Energien Wind und Photovoltaik in Betracht zieht. Deren Potenzial muss allerdings relativiert werden. Ein Kernkraftwerk hat eine Leistung von etwa 1'000 Megawatt (MW), Windanlagen weisen eine Leistung von etwa 2 MW auf und kleinere Solaranlagen von lediglich 0.02 MW.

Zudem haben Wind- und Solarenergie weniger Betriebsstunden pro Jahr als ein Kernkraftwerk. Besonders im Winterhalbjahr ist ihr Beitrag zur Ener-



Pumpspeicherkraftwerken wie jenem am Oberaarsee kommt bei der Umsetzung der Energiestrategie 2050

gieversorgung gering. Um ein Kernkraftwerk der Grösse Gösgens zu ersetzen, müssten 500 Windkraftwerke oder 50'000 kleinere Photovoltaikanlagen installiert werden. Piot will mit diesen

Verhältnissen zeigen, dass auf Jahresbasis in der Schweiz eine Stromversorgung basierend auf neuen erneuerbaren Energien illusorisch erscheint.

Energiestrategie 2050

Im Jahr 2011 hat der Bundesrat seine Energiepolitik überarbeitet. Nach der Katastrophe in Fukushima veröffentlichte das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) im Mai 2011 eine Medienmitteilung. Die Botschaft: Ausstieg aus der Produktion von Atomenergie. Die Kernenergie solle langfristig ihre Wettbewerbsvorteile gegenüber erneuerbaren Energien verlieren, so der Plan.

Für die Umsetzung der Energiestrategie schlug das UVEK drei unterschiedliche Szenarien vor. Einerseits könnte man fortfahren wie bisher. Alleine durch den technischen Fortschritt könnte so im Szenario „Weiter wie bisher“ bis ins Jahr 2050 eine Reduktion des Pro-Kopf-CO₂-Ausstosses von 57 Prozent im Vergleich zum Jahr 2000 erzielt werden.

[Michel Piot]

Dr. Michel Piot hat an der Uni Bern Mathematik studiert. Nach seiner Tätigkeit bei der Atel Holding AG war er beim Bundesamt für Energie an der Ausarbeitung der Energieperspektive 2035 beteiligt, ein Vorreiterprojekt der Energiestrategie 2050. Seit vier Jahren arbeitet Dr. Michel Piot beim Verein swisselectric.

2050 auf der Kippe?

n senken. Diese Ziele kommen sich in die Quere, findet Michel Piot
es eher als Illusion.



Strategie eine tragende Rolle zu. Bild: Cooper.ch/Wikimedia

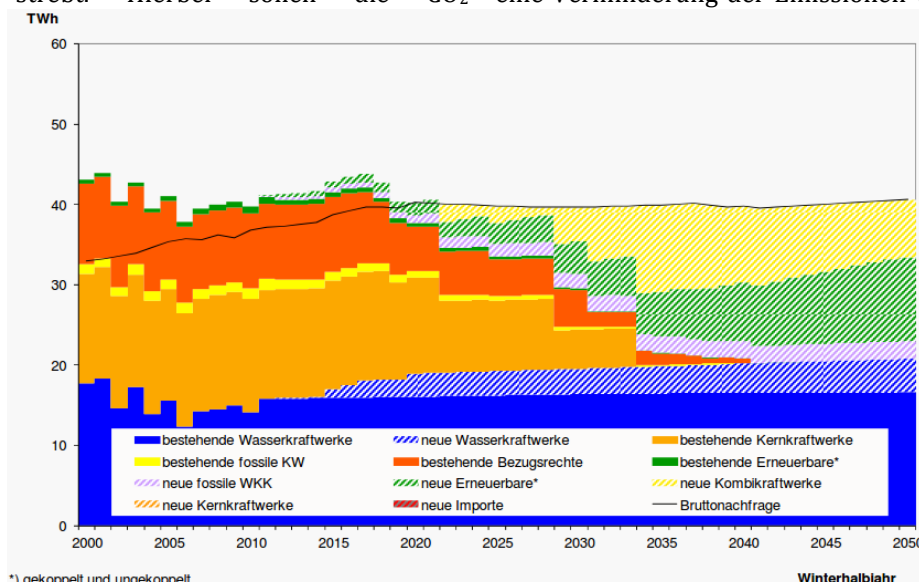
Der optimalste Weg wäre indes das Szenario „Neue Energiepolitik“. Mit diesem Szenario wird eine Reduktion des CO₂-Ausstosses von 70 bis 80 Prozent angestrebt. Hierbei sollen die CO₂-Emissionen pro Kopf von 5.3 Tonnen im Jahre 2010 auf 1 bis 1.5 Tonnen reduziert werden. Grosses Spar-Potential wird bei den Haushalten gesehen, wo eine Verminderung der Emissionen von

1.5 Tonnen auf 0.1 Tonnen erreicht werden soll. Ebenso könnte im Verkehrssektor mit einer Reduktion von 1.9 Tonnen CO₂ ein massgebender Beitrag zur Emissionsreduktion geleistet werden. Im Stromverbrauch wird eine Verminderung von 18 Prozent bis ins Jahr 2050 angestrebt. Als mögliches Instrument für die Erreichung der Ziele dieses Szenarios wird vom Bund eine Lenkungsabgabe vorgesehen. In diesem Fall würden im Jahr 2050 CO₂-Abgaben von 1'150 Schweizer Franken pro Tonne anfallen, was einer Abgabe von 5.30 Schweizer Franken pro Liter Benzin entspräche. Grundlage für die Umsetzung der neuen Energiepolitik ist ein gesellschaftlicher Konsens über die Ziele. Gemäss Piot ist dieser Konsens nicht gegeben und wird es auch absehbarer Zukunft nicht sein.

Da das Szenario „Neue Energiepolitik“ mit sehr ambitionierten Zielen verbunden ist, wurde im Jahr 2012 das Szenario „Politische Massnahmen“ ausgearbeitet. Mit dieser Strategie wird ein Vorgehen in Etappen zur Erreichung der energiepolitischen Ziele vorgeschlagen. In einem ersten Paket werden Massnahmen ergriffen, mit denen nur knapp die Hälfte der für 2050 angestrebten Reduktionsziele erreicht werden. Erst in einer zweiten Phase ab dem Jahr 2035 soll der Übergang vom Förder- in ein Lenkungssystem erfolgen. Diese Systemumstellung ist aber noch nicht abschliessend konzipiert. Piot beschreibt die erste Etappe des Szenarios als die Ernte der „low-hanging fruits“. Dem Übergang zu einem Lenkungssystem in der zweiten Etappe dieses Szenarios steht er aufgrund der voraussichtlich mangelnden politischen und gesellschaftlichen Akzeptanz ebenfalls kritisch gegenüber.

Wasserkraft in der Energiestrategie

Das Problem der künftigen Stromversorgung liegt gemäss Piot im Winterhalbjahr. Die Abbildung links zeigt diese Problematik über die Zeitspanne der Jahre 2000 bis 2050. Die schraffierten Flächen symbolisieren neue Produktionsanlagen. Im Szenario „Politische Massnahmen“ wird der Stromverbrauch der Gesellschaft ab dem Jahr 2020 als



Stromversorgung im Winterhalbjahr, Szenario "Politische Massnahmen". Grafik:

Prognos 2012

Wasserwirtschaft fordert

Die Schweizer Wasserwirtschaft ist auf gutem Wege, die Ziele der Energien auf die Branche grosse Herausforderungen. Deshalb fordert Roger

Von Patrick Hofer, Till Zaugg

Die Schweiz bietet beste Voraussetzungen für die Wasserkraft: Grosse Mengen Wasser und genügend Gefälle dank der Topographie. Deshalb erstaunt es nicht, dass mit 56 Prozent der Anteil der Wasserkraft an der Stromproduktion am grössten ist. Von diesen 56 Prozent stammen 90 Prozent von Grossanlagen, welche eine Leistung grösser als 10 Megawatt (MW) haben und die insgesamt nur 14 Prozent der Anlagen im Schweizer Kraftwerkspark ausmachen. Der Strombedarf in der Schweiz weist tägliche sowie jährliche Schwankungen auf. Dadurch dass sich die Produktion der Wasserkraft mit Hilfe von Pumpspeicherkraftwerken regeln lässt, liefert sie einen wichtigen Ausgleich zur Gesamtproduktion. Ein weiterer positiver Aspekt der Wasserkraft ist die gute Klima- und Umweltbilanz. So sind der kumulierte Energieaufwand wie auch die CO₂-Emissionen pro produzierter Kilowattstunde tief. Weiter liefert die Wasserkraft zentrale Beiträge zum Hochwasserschutz: Durch die Speicherseen lassen sich potentielle Schäden durch Abflussspitzen um etwa 25 Prozent reduzieren. Ein konkretes Beispiel ist das Hochwasserereignis vom 10.10.2011 im Berner Oberland. Mit Hilfe der Stauseen der Kraftwerke Oberhasli mit einem Rückhalt von 6 Millionen Kubikmeter liess sich der Anstieg des Brienzersees um 20 Zentimeter verringern. Die Schweizer Wasserkraft hat eine enorme volkswirtschaftliche Bedeutung. Sie liefert eine Wertschöpfung von 2.3 Milliarden

den Franken pro Jahr und schafft zudem 5'000 direkte Arbeitsplätze. Der Anteil der Wasserzinsen liegt in den Gemeinden des Kantons Graubünden bei bis zu

Der SWV

Der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband befasst sich primär mit allen Anliegen in den Bereichen Wasserkraft, Hochwasserschutz und Wasserbau, vereint mit der bestmöglichen Pflege der Gewässer. Finanziert wird der SWV hauptsächlich durch mittlere und grosse Wasserkraftproduzenten. Zudem ist er der Herausgeber der Fachzeitschrift „Wasser, Energie, Luft“ (SWV, o.J. c).

93.4 Prozent der Gesamteinnahmen (Median: 23,2 Prozent).

Entwicklung in der Energiestrategie

Der Anteil Strom am gesamten Energieverbrauch liegt heute bei rund 25 Prozent. Aufgrund des Ersatzes von fossilen Energieträgern wird der Strom im Jahre

2050 voraussichtlich einen Anteil von 38 bis 46 Prozent ausmachen. Durch den geplanten Ausstieg aus der Atomenergie der Schweiz müssen zusätzlich weitere 24 Terawattstunden (TWh) jährlich ersetzt werden. Trotz dieses zusätzlichen Strombedarfs sieht sich die Wasserkraftproduktion mit mehreren Problemen konfrontiert. Zwar verzeichnete sie in den letzten Jahren einen Zuwachs (seit 2009 jährlich plus 100 GWh) und es fehlen zum Zielwert des Jahres 2035 der Energiestrategie 2050 netto nur noch 100 GWh pro Jahr. Jedoch müssen dabei die neuen Restwassermengen und die Schutzgesetze berücksichtigt werden. Das grösste Problem jedoch stellt der dramatische Preiszerfall im Strommarkt seit der Teilliberalisierung im Jahr 2008 dar. Durch energie- und klimapolitische Fehlentwicklungen und die Euro-Abschwächung fiel der Preis bis ins Jahr 2015 um 70 Prozent. Obwohl der Bundesrat und das Parlament Ausbauwünsche äusserten und konkrete Projekte mit mindestens 2.6 TWh jährlich vorhanden wären, lassen sie sich aufgrund des tiefen Strompreises nicht realisieren. Die Gestehungskosten sind im Vergleich zum Strommarktpreis zu hoch. Dadurch verlieren heute schon die bestehenden Anlagen zwischen 3.6 und 10.2 Rappen pro kWh (mengengewichteter Durchschnitt liegt bei 5.9 Rappen pro kWh bei Laufwasserkraftwerken und bei 6.1 Rappen pro kWh bei Speicherkraftwerken). Durch diese Situation kann die Produk-

relativ konstant angenommen. Auffallend ist, dass die Wasserkraft, die bereits heute einen wichtigen Bestandteil der Energieversorgung darstellt, auch in Zukunft von grosser Bedeutung sein wird. Ab dem Jahr 2035 werden in der Schweiz nach der stufenweisen Abschaltung keine Kernkraftwerke mehr betrieben. Damit fallen rund 40 Prozent der heutigen Stromproduktion weg. Die Bezugsrechte von Kernkraftenergie aus dem Ausland laufen bis 2040 ebenfalls stufenweise aus. Um die Lücke zu füllen,

die sich vor allem im Winterhalbjahr ergibt, müssten in der Schweiz fünf Gaskombikraftwerke gebaut werden. Die Rahmenbedingungen für den Bau von solchen Anlagen sind aber in der Schweiz nicht gegeben, weshalb ab dem Jahr 2035 die fehlende Energie möglicherweise importiert werden muss. Mit maximal sieben Prozent ist der Beitrag der Photovoltaik im Winterhalbjahr 2050 zur Stromversorgung geradezu marginal. Ausserdem sind Wind- und Solarenergie fluktuierende Stromerzeu-

ger. Piot argumentiert deshalb, dass diese erneuerbaren Energiequellen nicht in der Lage sind, das Winterdefizit auszubalancieren. Mit Speicherkraftwerken kann die Wasserkraft hier zumindest teilweise als Energiespeicher agieren, indem sie dem saisonalen Effekt entgegen wirken und Energie vom Sommer in den Winter verlagern können. Die heutige Infrastruktur ist jedoch nicht ausreichend, um das winterliche Defizit nach der Abschaltung der Kernkraftwerke zu decken. Eine Möglichkeit zur Erweite-

Politik zum Handeln auf

Energiestrategie 2050 zu erreichen. Doch in den kommenden Jahren war-
Roger Pfammatter vom SWV politische Übergangsmassnahmen.

tion nur aufrechterhalten werden, wenn Einsparungen auf der Kostenseite durch geringere Ausgaben bei der Instandhaltung gemacht werden. Um dieses Problem zu bewältigen bräuchte es gemäss Roger Pfammatter Lösungsansätze auf der Ertragsseite. Beispielsweise höhere Strompreise oder eine stärkere Subvention der Anlagen. Ein weiteres Problem stellt die kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) dar. Mit Hilfe von Subventionen werden Photovoltaik- und Windanlagen sowie Kleinstwasserkraftwerke gefördert. Die grossen Wasserkraftanlagen und somit die Hauptproduzenten von erneuerbarer Energie gehen dabei leer aus.

Herausforderungen in der Zukunft

Eine Herausforderung, die bereits in der Vergangenheit mit grossem Aufwand verbunden war, ist die Instandhaltung der bestehenden Anlagen. Um den Betrieb der Anlagen auf dem hohen Sicherheitsniveau zu halten, müssen gesamtschweizerisch pro Jahr rund eine Milliarde Schweizer Franken aufgewendet werden. Insbesondere die Betonquellung und die Hydroabrasion beeinträchtigen die Infrastruktur. Durch die stetigen Sedimenteinträge in die Speicherseen können ausserdem die Einläufe ins Triebwassersystem verstopfen.

Durch den Klimawandel wird eine Zunahme der Sedimenteinträge erwartet, was regelmässige Spülungen notwendig macht. Die Spülungen haben Energieverluste zur Folge, da das Wasser nicht genutzt werden kann. Weitere

klimatisch bedingte Einbussen entstehen durch die zeitliche Veränderung der Abflüsse. In stark vergletscherten Einzugsgebieten werden die Abflüsse wegen der überproportionalen Gletscherschmelze ansteigen, so dass die bestehenden Fassungen nicht ausreichen, alles Wasser aufzunehmen. Der fortschreitende Gletscherschwund wird eine saisonale Umverteilung der Abflüsse zur Folge haben. Bis 2090 werden sich die Abflussspitzen vom Sommer in den Frühling verlagern. Für das Auftreten von Extremereignissen wie Hochwasser, Murgang oder Steinschlag wird erwartet, dass ihre Intensität und Häufigkeit zunimmt. Letztlich stellt der Klimawandel aber auch ein Potenzial dar. Durch den Rückzug der Gletscher entstehen neue Seen, welche für die Wasserkraft genutzt werden können. Der Triftsee stellt ein Beispiel zur Realisierung einer neuen Talsperre dar, bei welchem ebenfalls das Risiko eines Ausbruchs des Gletschersees minimiert werden kann und somit zum Naturgefahrenmanagement beiträgt.

Das revidierte Gewässerschutzgesetz vom 1.1.2011 stellt zusätzliche Ansprüche an die Wasserkraftwerksbetreiber. Für Sanierungen, welche den Geschiebehaushalt, die Fischgängigkeit sowie die Abschwächung des Schwall-Sunks betreffen, müssen bis 2030 noch rund eine Milliarde Schweizer Franken investiert werden. Zudem steht die Wasserkraft zunehmend im Konflikt mit den Ansprüchen des Landschafts-, Biotop- und Heimatschutzes. So werden oft BLN-Gebiete

über bereits existierende Wasserkraftanlagen gelegt, was sowohl einen potenziellen Ausbau wie auch die Erneuerung der Konzessionen erschweren kann. Bis 2050 laufen die Wasserrechtskonzessionen von 70 Prozent der aktuellen hydroelektrischen Stromproduktionen aus. Wenn die Gemeinden auf die Übernahme verzichten, können sie Entschädigungen verlangen. Dies würde die neuen Eigentümer zusätzlich belasten. Dadurch können politische Spannungen zwischen den Standortkantonen, welche vorwiegend in den Alpen liegen, und den Stromunternehmen, welche meist im Mittelland angesiedelt sind, entstehen.

Eine weitere Herausforderung stellt auch hier das momentane Marktumfeld mit den tiefen Strompreisen dar. Aufgrund der seit 2008 sinkenden Preisen gilt die Wasserkraft für Investoren gegenwärtig als unattraktiv. Längerfristig wird jedoch mit steigenden Strommarktpreisen gerechnet und insbesondere die Regelleistung der Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke zeigen ein grosses Potenzial zum Kurzfristhandel, welcher aufgrund der steigenden volatilen Anteile der neuen erneuerbaren Energiequellen an Bedeutung gewinnen wird.

Fazit

Durch die geschilderten zukünftigen Herausforderungen steht die Wasserkraft als Rückgrat der Schweizer Stromproduktion unter Druck. Da aber viele Hindernisse wie etwa der tiefe Strom-

Erhöhung von Staumauern. Der Ausbau von Speicherkraftwerken in der Schweiz ist grundsätzlich möglich. Das technische Potenzial der Wasserkraft in der Schweiz beläuft sich auf 42 TWh. Derzeit ist dieses Potenzial nicht restlos ausgeschöpft. Pumpspeicherkraftwerke hingegen vermögen den saisonalen Effekt nicht zu kompensieren. Sie eignen sich einzig zum kurzfristigen Ausgleich der Energieversorgung. Zum Beispiel zur Bereitstellung von genügend Strom in

den Abend- und frühen Morgenstunden (Tag-/Nacht-Effekt) oder zur Nivellierung von wetterbedingten Fluktuationen in der Energieversorgung (Minuten-Effekt).

Konklusion

Piot bezeichnet die Energiestrategie der Schweiz als ein „Planspiel“, weil die Energiestrategie 2050 auf Voraussetzungen basiert, die im heutigen gesellschaftlichen Kontext nicht gegeben sind. Durch die Umsetzung in Etappen werden in einer ersten Phase die einfach zu

erreichenden Ziele angestrebt und die wirklich grossen Veränderungen mit dem geplanten Übergang von einem Förder- zu einem Lenkungssystem erst nach 2035 in Angriff genommen. Dem vom Bundesrat vorgeschlagenen Lenkungssystem misst Piot wenig Erfolgchancen bei. Insgesamt wird die Schweiz nach dem Ausstieg aus der Kernenergie mit einem Defizit in der winterlichen Stromversorgung umgehen müssen. Der Bau von Speicherkraftwerken beim Ausgleich des saisonalen Effekts helfen.

Die Brücke über das Span

Steigende Umweltansprüche und sinkende Gewinne: Die Betreiber von Laufwasserkraftwerken konfrontiert. So ein Fazit des Seminars.

Von Gabriel Peier, Arev Shahinian, Lukas Würsch, Lukas von Stokar

Während des Semesters wurde das Thema Wasserkraft beziehungsweise Wasserwirtschaft von ganz unterschiedlichen Standpunkten her beleuchtet. Von den technischen Grundlagen über Ökologie und Ökonomie bis hin zum sozialen und politischen Kontext wurden Chancen, Potenziale und Probleme aufgezeigt, mit welchen die verschiedenen Akteure konfrontiert werden.

Den von Michel Piot in seinem Vortrag präsentierte Ansatz der Teilpotenziale (siehe Abbildung Seite 30) zur Bestimmung des Gesamtpotenzials der Wasserkraft haben wir als Grundlage für die zusammenfassende Schlussbesprechung herangezogen. Das theoretische Gesamtpotenzial (dunkelgraue Fläche) beschreibt die Menge an Wasserkraft, die produziert werden könnte, falls jeder Millimeter Gefälle ausgenutzt würde. Das technische Potenzial (hellgraue Fläche) bestimmt hingegen die maximale Menge technisch nutzbarer Wasserkraft. Die ökologische, ökonomische und soziale Akzeptanz-Potentiale beschreiben zusätzliche Einschränkungen, die aufgrund der drei genannten Aspekte entstehen. Die Schnittmenge aller Potentiale befindet sich in der Mitte und gibt an, wie viel Wasserkraft unter dem Strich produziert werden kann.

Das hier vorgestellte Modell haben wir als Struktur für vier Gruppendiskussionen genutzt. Basierend auf das während dem Semester gewonnenen Wissens, hat jede Gruppe ein Fazit zum jeweiligen Potential skizziert. Die Kern-

preis nicht nachhaltig sein werden, fordert Roger Pfammatter Überbrückungsmassnahmen, welche die Gestehungskosten der Wasserkraft rasch und effektiv reduzieren. Dies vor allem weil die momentane Kostendeckung für die Instandhaltung der Anlagen beim aktuellen Marktpreis nicht mehr möglich ist. Die Produktion kann nur aufrechterhalten werden, wenn Einbussen bei der Instandhaltung gemacht werden. In diesem Zusammenhang wurde auch eine



Die Wasserkraftnutzung in der Schweiz steht in einem Spannungsfeld. Es braucht Brückenba

aussagen werden im Folgenden präsentiert.

Technik

Mit der Energiestrategie 2050 wird eine zusätzliche Wasserkraftproduktion von rund vier Terawattstunden (TWh) angestrebt. Dies wirft die Frage auf, mit welchen Mitteln dieser Zuwachs realisiert werden kann. Die Wasserkraftprodukti-

on kann gesteigert werden, indem die genutzte Wassermenge, das Nutzgefälle oder der Wirkungsgrad des Maschinenparks erhöht werden.

Die Wassermenge kann beispielsweise durch Staumauererhöhungen, das Erschliessen von zusätzlichen Zubringern oder neuen Stauanlagen erhöht werden. Ausbaggerungen und Stauerhöhungen bei Laufwasserkraftwerken

mögliche Entschädigung für die Schwemmgutentnahme der Laufwasserkraftwerke diskutiert. Bis anhin wurde diese Dienstleistung entgeltlos von den Kraftwerksbetreibern geleistet. Es wurde ebenfalls erwähnt, dass Bern als einziger Kanton auf eine Erhöhung der Wasserzinsen verzichtet hat. Die restlichen Kantone, welche eine Erhöhung durchgeführt haben, wurden von aussen stark kritisiert. Als Vorschlag zur Entlastung der Wasserkraft wurden neben den

pauschalen Wasserzinsen ertragsbasierte Modelle hervorgehoben. Interessanterweise sprach sich auch Roger Pfammatter für den aktuellen Strommix mit 40 Prozent Atomstrom aus und hält einen Ausstieg aus der Atomkraft nicht für sinnvoll.

nungsfeld schlagen

n Wasserkraftwerken sind mit einer Reihe komplexer Herausforde-



uer, um die verschiedenen Ufer zu verbinden. Bild: Michael Scheurer

können das Nutzgefälle vergrössern und die Stromproduktion steigern. Letztlich kann mit neueren Turbinen und Generatoren der Wirkungsgrad der Wasserkraftproduktion erhöht werden.

Allerdings ist das Potential dieser Massnahmen limitiert. Umbauten an bestehenden Kraftwerken führen meist nur zu moderaten Produktionssteigerungen unter einem hohen Aufwand. Neubauten sind schwierig zu lancieren weil das schweizerische Gewässernetz bereits einen hohen Ausbaustandard aufweist.

Pumpspeicherkraftwerke haben ein grösseres Ausbaupotential als konventionelle Wasserkraftwerke, weil sie nicht zwingend auf natürliche Zuflüsse angewiesen sind. Der Nachteil besteht jedoch darin, dass beim Pumpen mehr Energie verbraucht wird als beim anschliessenden Turbinieren produziert wird. Dennoch leisten Pumpspeicherkraftwerke

einen wichtigen Beitrag für den Ausgleich von Verbrauchsschwankungen.

Die Wasserkraftproduktion hat im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energien einige Vorteile: Sie liefert den Strom verlässlicher als Wind- und Photovoltaikanlagen, die von der Witterung abhängig sind. Der wohl grösste Vorteil besteht in der Steuerungs- und Speichereigenschaft der Wasserkraft. Diese Eigenschaften gewinnen zunehmend an Bedeutung, weil die staatlich geförderte Sonnenenergie im Winter weniger Strom produziert. Hinzu kommt, dass die Kernenergie, welche für die Winterversorgung wichtig ist, bald wegfallen dürfte. Allerdings kann die Speicherkapazität der Wasserkraft die aufklaffende Stromlücke nicht gänzlich überbrücken.

Ökologie

Wird ein ökologischer Blickwinkel auf die Wasserkraft geworfen, ist schnell die

Rede von den unterschiedlichen Einflüssen dieser Art Stromproduktion auf die Ökologie. Die Unterbrechung des Fliesskontinuums, der Schwall-Sunk sowie die Abflussregulierung im Allgemeinen führen zum Verlust an Biodiversität in den Lebensräumen rund um ein Kraftwerk. Neben diesen negativen Effekten gibt es aber auch (meist schwache) positive Faktoren, welche beim Hochwasserschutz oder bei der Erschaffung von anderen Lebensräumen (z.B. Stausee) zum Tragen kommen. Vor allem im Vergleich mit anderen Stromerzeugern wird die Wasserkraft als die klimaneutralste und zudem als die vom Ausland unabhängigste Variante bezeichnet.

Mehrere Schutzbestimmungen sichern die ökologische Vielfalt im Bereich der Wasserkraftwerke; sie haben jedoch eine mindernde Wirkung auf die Wasserkraftproduktion. In den letzten Jahrzehnten sind die Schutzansprüche gestiegen. Die Gründe dafür liegen beim besseren Wissensstand, einem höheren Lebensstandard und dem Aufkommen von Umweltschutzorganisationen.

Der geplante Ausbau von Kleinwasserkraftwerken ist aus ökologischer Sicht umstritten, da die ökologischen Auswirkungen in keinem Verhältnis zur geringen Produktionsmenge stehen. Ökologische Chancen und Potentiale der Wasserkraft liegen dagegen bei Ökolabels und der Funktion der Hochwasserregulierung, welche mit zunehmenden Starkniederschlägen in Zukunft wichtiger werden könnte. Würden die ökologischen Vorteile in der Gesellschaft weiter an Bedeutung gewinnen, könnte dies auch die wirtschaftliche Situation der Wasserkraft verbessern.

Ökonomie

Ökonomisch ist die Wasserkraft gegenwärtig schlecht aufgestellt. Die Produktion von Strom aus Wasserkraft ist nicht rentabel, weil die Strompreise zu tief sind. Verschiedene Faktoren haben dazu geführt, dass die Preise für Wasserstrom seit dem Jahr 2008 stetig gesunken sind. Erstens müssen sich Schweizer Wasserkraftwerke seit 2009 in einem europäi-

schen teilliberalisierten Markt behaupten, in dem Grossverbraucher ihren Stromlieferanten frei wählen können. Im Zusammenspiel mit dem Merit-Order-Prinzip — nach dem zunächst die Kraftwerke zugeschaltet werden, die am günstigsten produzieren — führt dies einerseits zu einer beachtlichen Produktionseinbusse bei der Wasserkraft. Andererseits wird der Marktpreis dadurch so weit gedrückt, dass Schweizer Wasserkraftwerke ihre Gestehungskosten (Produktionskosten) nicht mehr decken können.

Zweitens werden in der Europäischen Union, besonders in Deutschland, die neuen erneuerbaren Stromproduktionsformen stark subventioniert. Der dadurch entstandene massive Kraftwerkszubau, drückt den Strompreis teilweise sogar unter null: Wer beispielsweise bei starkem Wind in Norddeutschland den Windstrom abnimmt, wird dafür bezahlt.

Drittens wurden die Wasserzinsen, also die staatlichen Abgaben für die Stromproduktion, seit dem Jahr 2008 deutlich erhöht. Im Jahr 2008 waren die Strompreise so weit gestiegen, dass die öffentliche Hand beschloss, die Wasserzinsen nach oben anzupassen, um am wirtschaftlichen Erfolg der Wasserkraftproduktion teilzuhaben. Seitdem sind aber die Strompreise so weit gesunken, die Wasserzinsen jedoch nicht angepasst worden, so dass die Wasserzinsen aktuell bis zur Hälfte der Gestehungskosten ausmachen.

In einem solch schwierigen wirtschaftlichen Kontext haben die Stromproduzenten wenig Anreiz, langfristig in die Wasserkraft zu investieren, was uns bezüglich des wirtschaftlichen Potentials in eine ungewisse Zukunft blicken lässt.

sozio-politisch

Die Schweizer Wasserkraft hat an vielen Fronten zu kämpfen. Verschiedene Hemmnisse beeinflussen massgeblich das Potential dieser Energieform, währenddessen die notwendige Transformation der Energiesysteme bevorsteht. Will die Menschheit in absehbarer Zeit den Klimawandel auf einem erträglichen

Die gesellschaftliche Akzeptanz für die Erhöhung von Staumauern oder -seen ist kaum vorhanden.

Niveau stabilisieren, bedarf es an einer massiven Reduktion von CO₂-intensiven Energieformen. Gleichzeitig hat die Kernenergie mit ihren vielen ungelösten Fragen und Risiken an Gunst verloren, weshalb auch die Schweiz den Ausstieg aus der Atomkraft beschloss. Die künftige Stromlücke soll laut Energiestrategie 2050 des Bundes durch neue erneuerbare Energien und der Wasserkraft teilweise wieder gedeckt werden. Schon heute ist die Wasserkraft mit fast 60 Prozent Anteil am hiesigen Strommix

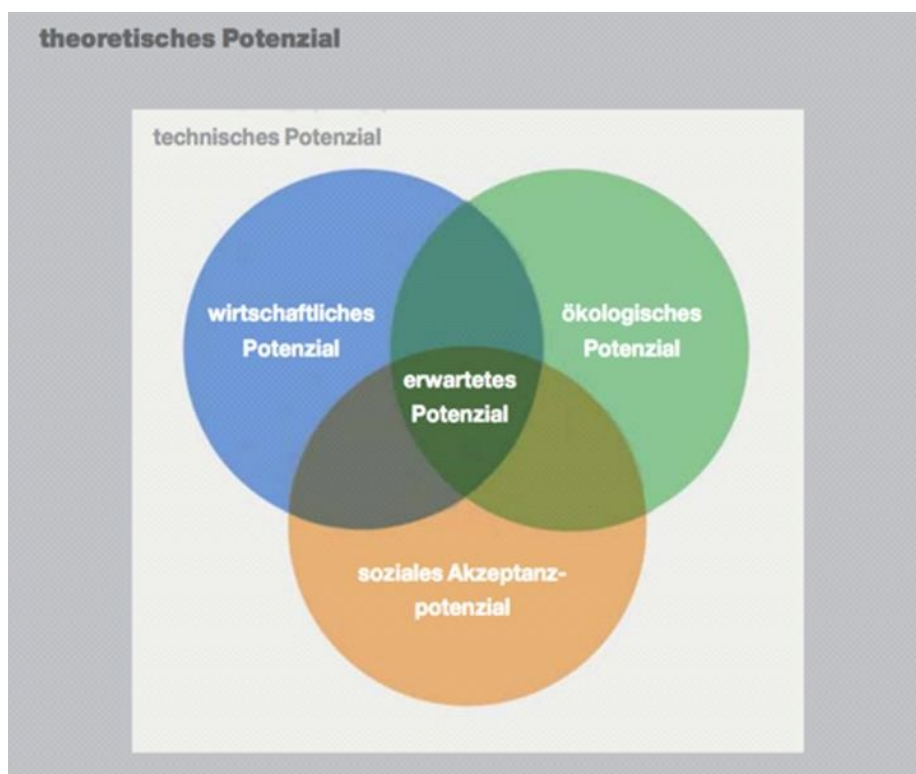
das Rückgrat der Stromversorgung und sollte bei einer solchen Ausgangslage noch mehr an Bedeutung gewinnen.

Dem gegenüber stehen neue ökologische Schutzbestimmungen und mangelnde ökonomische Rentabilität, damit die Betreiber in neue Kraftwerks-Projekte investieren können. Auch in der Bevölkerung ist das Bewusstsein für eine starke Wasserkraft einzustehen, wenig ausgeprägt. Die soziale Akzeptanz für die Erhöhung von Staumauern geschweige denn von neuen Stauseen ist kaum vorhanden. Dies zeigt eindrücklich der Entscheid des Berner Verwaltungsgerichts von Mitte Dezember 2015, der den Kraftwerken Oberhasli aus Naturschutzgründen nicht erlaubt, die Grimsel-Staumauern zu erhöhen.

In der Regel gestaltet sich eine breite und sachliche Diskussion über die Rolle der Wasserkraft schwierig. Im Spannungsfeld zwischen ökologischen Anliegen, wirtschaftlichen Belangen und sozialer Akzeptanz hat die Branche einen schweren Stand, den Forderungen der Energiestrategie 2050 Folge zu leisten. Das Bewusstsein in der Bevölkerung oder in der Politik für mehr Zustimmung könnte deshalb so gering sein, weil Diskussionen über Strom oder Energie im Allgemeinen auf einem hohen Abstraktionslevel stattfinden. So fehlt der gesellschaftliche Konsens, wie die künftige Energieversorgung auszusehen hat und welche Massnahmen dafür zu leisten sind. Erst wenn die Mehrheit der Bevölkerung für eine nachhaltige Energieversorgung einsteht und ihr bewusst wird, dass erneuerbare Energien wie die Wasserkraft mehr Unterstützung verdienen, steigt das soziale Wasserkraftpotential wieder an. Des Weiteren ist es wichtig, sein eigenes Konsumverhalten zu hinterfragen. Steht man Neubauprojekten in der Wasserkraft — egal aus welchem Grund — kritisch gegenüber und möchte man gleichzeitig keinen importierten Kohlestrom oder Atomstrom, müsste die logische Konsequenz sein, den Energieverbrauch proaktiv zu senken, also das Konsumverhalten anzupassen.

Lösungsansätze und Ausblick

Der tiefe Strompreis, hohe Schutzansprüche und Abgaben machen den hiesigen Wasserkraftproduzenten zu schaffen. Für die Lösung dieser Probleme gibt es kein einfaches Patentrezept. Denn die Wasserkraft bewegt sich im Spannungsfeld zwischen wirtschaftlichen, ökologischen und öffentlichen Interessen. Um nachhaltige und akzeptierte Lösungsansätze umzusetzen, ist es unerlässlich, die



Übersicht der verschiedenen Potentialbegriffe. Grafik: BFE, 2007

Literaturverzeichnis

- Alpiq Holding (2015): Geschäftsbericht 2014. http://www.alpiq.com/de/images/Alpiq_GB_14_D_tcm96-139763.pdf [Zugriff: 24.11.2015].
- Axpo Holding (2015): Geschäftsbericht 2013/14. http://www.axpo.com/content/dam/axpo/switzerland/medien/dokumente/141219_axpo_holding_geschaeftsbericht_13_14_de.pdf [Zugriff: 24.11.2015].
- BDEW (2011). Wasserkraft in Deutschland. <https://www.bdew.de/internet.nsf/id/DE_Wasserkraft> [Stand: n.d.] [Zugriff: 15. Oktober 2015].
- Bergmeister, K., Fingerloos, F. & Wörner, J.-D. (2011): Beton-Kalender 2011: Kraftwerke, Faserbeton. Ernst & Sohn. Berlin.
- Boes, R. (2012): Wasserbau. Eidgenössische Technische Hochschule Zürich. Professur für Wasserbau. <http://www.vaw.ethz.ch/education/lecture/hydraulic_engineering/script> [Stand:] [Zugriff: 17. Oktober, 2015].
- Bundesamt für Energie (BFE) (2015): Elektrizitätsstatistik. <http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00541/00542/00630/index.html?lang=de&dossier_id=00766> [Stand: 26.10.2015] [Zugriff: 10.11.2015].
- Bundesamt für Energie (BFE) (2015b): Wasserkraftanlagen der Schweiz <http://www.bfe.admin.ch/themen/00490/00491/index.html?lang=de&dossier_id=00803> [Stand: 03.06.2015] [Zugriff: 10.11.2015].
- Bundesamt für Energie (BFE) (o.J. b): Kernenergie. <<http://www.bfe.admin.ch/themen/00511/index.html?lang=de>> [Stand: 05.03.2015] [Zugriff: 04.11.2015].
- Bundesamt für Energie (BFE) (o.J. c): Kostendeckende Einspeisevergütung. <<http://www.bfe.admin.ch/themen/00612/02073/index.html?lang=de>> [Stand: 22.06.2015] [Zugriff: 04.11.2015].
- Bundesamt für Energie (BFE) (o.J. a): Energiestrategie 2050. <<http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00527/index.html?lang=de>> [Stand: 2015] [Zugriff: 03.11.2015].
- Bundesamt für Energie (BFE) (2015b): Wasserkraftanlagen der Schweiz <http://www.bfe.admin.ch/themen/00490/00491/index.html?lang=de&dossier_id=00803> [Stand: 03.06.2015] [Zugriff: 10.11.2015].
- Bundesamt für Energie (BFE) (o.J. a): Zur Situation der Wasserkraftnutzung. <http://www.google.ch/url?q=http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php%3Fextlang%3Dde%26name%3Dde_941028798.pdf&sa=U&ved=0CBkQFjAAahUKEwjx39LigvIAhVIVhQKHfb2COA&usq=AFQjCNHPN5Uo_uK4pgobfVEOxcCv9xAfBg> [Stand: 2008] [Zugriff: 04.11.2015].
- Bundesamt für Energie (BFE) (o.J. a): Energiestrategie 2050. <<http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00527/index.html?lang=de>> [Stand: 2015] [Zugriff: 03.11.2015].
- Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2015): Restwasser: Ein Drittel der Wasserfassungen noch immer nicht saniert. <<http://www.bafu.admin.ch/wasser/09037/12718/index.html?lang=de&msg-id=57908>> [Stand: 30.06.2015] [Zugriff: 10.11.2015].
- Bernische Kraftwerke Energie AG (BKW) (2015a): Jahresbericht 2014. http://www.bkw.ch/fileadmin/user_upload/4_Ueber_BKW/Downloadcenter/UEber_BKW_Gruppe/2014_Jahresbericht_de.pdf [Zugriff: 24.11.2015].
- Bernische Kraftwerke Energie AG (BKW) (2015): Zahlen & Fakten 2014. Bern.

Interessen aller Akteure sorgfältig abzuwägen und Kompromisse zu finden.

Der kriselnden Wasserwirtschaft kann mit Subventionen auf die Sprünge geholfen werden, bis sich die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen wieder verbessern. Allerdings ist zurzeit nicht absehbar, wann der Strompreis wieder ansteigt. Es muss abgeschätzt werden, in welchem Umfang die Wasserkraft subventioniert werden muss, damit sie im internationalen Vergleich wieder konkurrenzfähig wird.

Die Wasserkraftproduzenten können entlastet werden, indem sie in wirtschaftlich schwierigen Jahren tiefere Wasserzinsen entrichten müssen. Weil in den Berggebieten viele Gemeinden

von den Wasserzinsen leben, muss ein für alle Seiten tragbarer Kompromiss ausgehandelt werden. Da die schweizerischen Stromproduzenten Schwierigkeiten haben, am europäischen Markt zu bestehen, sollte geprüft werden, welchen Nutzen die Teilliberalisierung für die Volkswirtschaft hat und ob es sinnvoll ist, die Liberalisierung rückgängig zu machen.

Die Wasserkraft kann indirekt gestützt werden, indem die billige Produktion aus Kohlekraftwerken verteuert wird, beispielsweise durch eine Kostenerhöhung bei den CO₂-Zertifikaten. Allerdings ist dies eine Massnahme, die nur auf europäischer Ebene angegangen werden kann.

Damit diese Massnahmen zur Stützung der Wasserkraft umgesetzt werden können, ist ein gesellschaftlicher Konsens über die Wichtigkeit der nachhaltigen Stromversorgung unerlässlich. Dieser Konsens kann jedoch nicht von der Politik verordnet werden, sondern muss von den Konsumentinnen und Konsumenten getragen werden.

Würden diese konsequent Wasserstrom nachfragen, fände die „Krise der Wasserkraft“ ein Ende. Doch dies setzt ein Nachhaltigkeitsbewusstsein voraus und die Bereitschaft, für nachhaltigen Strom tiefer in die Tasche zu greifen. Sind diese Voraussetzungen nicht gegeben, steuert die Wasserkraft einer schwierigen Zukunft entgegen.

Bundesamt für Wald und Landschaft (BUWAL) (1997): Sanierungsbericht Wasserentnahmen. Sanierung nach Art. 80 Abs. 1 Gewässerschutzgesetz. In: Mitteilungen zum Gewässerschutz, Nr.25.

Denzler, L. (2014): Der Spöl blüht wieder auf. <<http://www.nzz.ch/wissenschaft/der-spoel-blueht-wieder-auf-1.18324557>> [Stand: 18.06.2014] [Zugriff: 10.11.2015].

Energie Wasser Bern (EWB) (o.J. a): Laufwasserkraftwerk. <<http://www.ewb.ch/de/wissen/artikel/strom/technologien/laufwasserkraftwerk.html>> [Stand: 2015] [Zugriff: 03.11.2015].

Energie Wasser Bern (EWB) (o.J. b): Speicherkraftwerk. <<http://www.ewb.ch/de/wissen/artikel/strom/technologien/speicherkraftwerk.html>> [Stand: 2015] [Zugriff: 03.11.2015].

Energie Wasser Bern (EWB) (2007): Strom. <http://www.ewb.ch/uploads/tx_netviewbdocucenter/strom.pdf> [Stand:05.11.15] [Zugriff:05.11.15].

Energie Wasser Luzern (EWL) (2015): Das Kraftwerk mit Geschichte. <<http://www.ewl-luzern.ch/index.cfm?srv=cms&rub=45&id=101059>> [Stand: 2015] [Zugriff: 03.11.2015].

Economic and social history online (ESO) (2010): Wasser – ein Rohstoff im Überfluss.<http://www.eso.uzh.ch/modul2/Umwelt.html?lesson.section=unit§ion.label=Umwelt_3> [Stand: 22.11.2010] [Zugriff: 10.11.2015].

Flury, K., Frischknecht, R., Itten, R. (2012): Erkenntnisse aktueller Ökobilanzen zu Strom aus Wasserkraft. Technologie Wasserkraft. Bulletin 2, 33-36.

Giesecke, J. und Mosonyi, E. (2013): Wasserkraftanlagen: Planung, Bau und Betrieb (2. Auflage). Springer Verlag. Berlin.

Grande Dixence (2015): Grande Dixence. <<http://www.grande-dixence.ch/energie/wasserkraft/wallis/grande-dixence.html>> [Stand: 2015] [Zugriff: 02.11.2015].

Imhof B., Baumann P., Portmann M. (2004): Schwebstoffe in der Rhone von 1904 bis 2003, Wasser Energie Luft – eau énergie air, Nr. 96 (11/12) 318-320. Baden.

Kernenergie (2015): Kernkraftwerke der Schweiz. <http://www.kernenergie.ch/de/kernkraftwerke-der-schweiz-_content---1--1042-34.html> [Stand: 2015] [Zugriff: 04.11.2015]

Meile T., Fette M., Baumann P. (2005): Synthesebericht Schwall/Sunk, Publikation des Rhone-Thur Projektes. Eawag. Dübendorf.

Oesterreichs Energie (o.J.). Stromtransport: Vom Kraftwerk in die Steckdose. <<http://oesterreichsenergie.at/branche/stromnetze/stromtransport-vom-kraftwerk-in-die-steckdose.html>> [Stand: 2013] [Zugriff: 20. Oktober 2015].

Panos, K. (2006): Praxisbuch Energiewirtschaft. Energieumwandlung, -transport und -beschaffung im liberalen Markt. Springer. Heidelberg.

Pfammatter, R., Piot, M. (2014): Situation und Perspektiven der Schweizer Wasserkraft. -Wasser Energie Luft, 106, 1, 1-11.

Piot, M. (2014). Energiestrategie 2050 – der Weg zur 1-Tonnen-CO2-Gesellschaft? Überlegungen zur aktuellen Schweizer Energiepolitik. – Bulletin von Electrosuisse/VSE, Bulletin 5/2014, 9-13.

Prognos AG (2012). Die Energieperspektien für die Schweiz bis 2050. Energienachfrage und Elektrizitätsangebot in der Schweiz 2000-2050. www.prognos.com [Zugriff: 9.12.15].

Repower (2015): Geschäftsbericht 2014.

Url: http://www.repower.com/fileadmin/user_upload/re-all/02_Files_PDF-DOC-XLS/02_Investor_Relations/Finanzberichte/GB_DE/Repower_Geschaeftsbericht_2014_de.pdf [Zugriff: 16.12.2015].

Sauvin, R. (1997): Les centrales hydro-électriques sur le Rhône genevois. <<http://www.sgti.ch/uploads/media/In-Ku-21.pdf>> [Stand: 1997] [Zugriff: 04.11.2015].

Schmidt B. R., Zumbach S. (2005): Rote Liste der gefährdeten Amphibien der Schweiz. Hrsg. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, und Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz. Bern.

Schnabel, P. (2007): Elektronik Fibel. Elektronik-Grundlagen, Messtechnik, Bauelemente, Schaltungstechnik, Digitaltechnik. < <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/grd/0208071.htm>> [Stand: 2015] [Zugriff: 15. Oktober 2015]

Schnitter, N. (1992): Die Geschichte des Wasserbaus in der Schweiz. Olynthus Verlag, Oberbözingen.

Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband (SWV) (o.J. c): Portrait. Wer sind wir? <<http://www.swv.ch/Portrait/Organisation>> [Stand: Keine Angaben] [Zugriff: 10.12.2015].

Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband (SWV) (o.J. b): Wasserkraftwerke Schweiz. <<http://www.swv.ch/Fachinformationen/Wasserkraft-Schweiz/Kraftwerkspark>> [Stand: 2015] [Zugriff: 03.11.2015].

Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband (SWV) (o.J. a): Wasserkraft Schweiz <<http://www.swv.ch/Fachinformationen/Wasserkraft-Schweiz>> [Stand: 2015] [Zugriff: 04.11.2015].

Swissinfo.ch SWI (2005): Mattmark. Dunkle Seite der Baugeschichte.

<<http://www.swissinfo.ch/ger/mattmark--dunkle-seite-der-baugeschichte/4701184>> [Stand: 2005-08-30] [Zugriff: 04.11.2015].

Umweltallianz (2012): Faktenblatt Wasserkraft. Bern.

Unfer G., Wiesner C., Jungwirth M. (2004): Auenverbund Obere Drau: Fischökologisches Monitoring-Endbericht, Universität für Bodenkultur. Wien.

Vischer, D. (1988): Erosion, Abrasion und Kavitation im Wasserbau. Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau. Hydrologie und Glaziologie: Zürich.

Werth, S., Alp, M., Karpati, T., Gostner, W., Scheidegger, C., Peter, A. (2012): Biodiversität in Fließgewässern. In: Merkblatt-Sammlung Wasserbau und Ökologie. BAFU, Bern.

Wirtschafts- und Sozialgeschichte online (2015). Wasser – ein Rohstoff im Überfluss. <http://www.eso.uzh.ch/modul2/Umwelt_de.print.html?lesson.section=unit§ion.label=Umwelt_3> [Stand: 2010] [Zugriff: 15.10.2015].

Wüest A. (2011): Wasserkraft und Ökologie – Faktenblatt, eawag aquatic research. Dübendorf.

Wasserkraft GmbH & Co KG (WWS) (2015): Francis-Turbinen. <<http://www.wws-wasserkraft.at/francis-turbinen.html>> [Stand: 2015] [Zugriff: 04.11.2015].

Züttel, A. (2004): Physik im Alltag. Energiewandler und Energieträger. <http://physics.unifr.ch/admin/dbproxy.php?table=fuman_filepool&column=content&id=1347> [Stand: 06. Oktober 2015] [Zugriff: 15. Oktober, 2015]

Materialien

Bundesgesetz betreffend die Ergänzung des Schweizerischen Zivilgesetzbuches (Fünfter

Teil: Obligationenrecht) vom 30. März 1911 (Stand am 1. Juli 2015). *SR 220, Art. 58*. Zugriff am 3. Dezember 2015 unter <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19110009/index.html#a58>

Bundesgesetz über die Raumplanung vom 22. Juni 1979 (Stand am 1. Mai 2014). *SR 700,*

Art. 75 Zugriff am 3. Dezember 2015 unter

<https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19790171/index.html>

Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999 (Stand am

14. Juni 2015); *SR 101, Art. 76 Wasser*. Zugriff am 3. Dezember 2015 unter <https://www.admin.ch/opc/de/classifiedcompilation/19995395/index.html#a76>

Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999 (Stand am

14. Juni 2015); *SR 101, Art. 89 Energiepolitik*. Zugriff am 3. Dezember 2015 unter <https://www.admin.ch/opc/de/classifiedcompilation/19995395/index.html#a89>

Schweizerisches Zivilgesetzbuch vom 10. Dezember 1907 (Stand am 1. Juli 2014); *SR*

210, Art. 664. Zugriff am 3. Dezember 2015 unter <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19070042/index.html#a664>

Wasserrechtsgesetz vom 22. Dezember 1916 (Stand am 1. Juli 2012). *SR 721.80, Art. 3.*

Zugriff am 3. Dezember 2015 unter <https://www.admin.ch/opc/de/classified>

[compilation/19160015/index.html#a3](https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19160015/index.html#a3)

